



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE PROTEÍNA VERDADERA POR NITRÓGENO  
NO PROTEICO EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE TERNEROS  
SUPLEMENTADOS CON GRANO HÚMEDO DE SORGO SOBRE CAMPO  
NATURAL”**

por

**Sebastián Jesús Benitez Torres  
Fernando Daniel Cunha Ribeiro  
Gonzalo Fernandez Turren**



**TESIS DE GRADO** presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título de  
**Doctor en Ciencias Veterinarias**  
**Orientación: Producción Animal**  
**Modalidad: Ensayo Experimental**



**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2011**

**TESIS DE GRADO aprobada por**

**Presidente de mesa:**



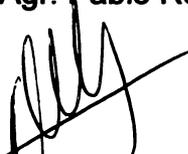
Ing. Agr. Alejandro La Manna

**Segundo Miembro:**



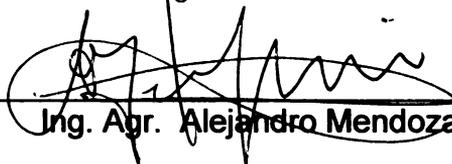
Ing. Agr. Pablo Rovira

**Tercer Miembro:**



Dra. Cecilia Cajarville

**Co - Tutor:**



Ing. Agr. Alejandro Mendoza

**Fecha: 19/9/2011**

**Autores:**

\_\_\_\_\_  
**Sebastián Jesús Benitez Torres**

\_\_\_\_\_  
**Fernando Daniel Cunha Ribeiro**

\_\_\_\_\_  
**Gonzalo Fernandez Turren**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

Aprobado con 10 (diez) votos

## AGRADECIMIENTOS

- ✓ Al Ing. Agr. Pablo Rovira, nuestro tutor, por su paciencia y dedicación.
- ✓ A los Ings. Alejandro Mendoza co-tutor, y a José Ignacio Velazco por su ayuda continua y apoyo.
- ✓ A INIA Treinta y Tres por abrirnos las puertas y brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo.
- ✓ A nuestras familias, novias y amigos, por su apoyo incondicional.
- ✓ A Pablo Lorenzo por su ayuda en labores de campo y laboratorio.
- ✓ A Belky Mesones bibliotecaria de INIA Treinta y Tres.
- ✓ A todos los funcionarios de INIA Treinta y Tres y en especial a los de la Unidad Experimental "Palo a Pique".
- ✓ A los funcionarios de la biblioteca de la Facultad de Veterinaria.

A todos ellos... Gracias!!

# TABLA DE CONTENIDO

Página

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE FIGURAS Y CUADROS.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. RESÚMEN.....</b>	<b>VIII</b>
<b>2. SUMMARY.....</b>	<b>IX</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
4.1. Características del campo natural en la región Este.....	2
4.2. Requerimientos nutricionales del ternero.....	3
4.2.1. Requerimientos energéticos y proteicos.....	3
4.2.2. Ambiente ruminal, digestión y metabolismo.....	5
4.2.3. Factores que afectan la síntesis de proteína microbiana en el rumen.....	5
4.3. Consumo voluntario de animales en pastoreo.....	6
4.4. Suplementación.....	8
4.4.1. Definición y objetivos.....	8
4.4.2. Tipos de respuesta.....	8
4.4.3. Suplementación con grano húmedo de sorgo.....	10
4.4.4. Suplementos proteicos.....	12
4.5. Ultrasonografía.....	14
4.6. Resultados de suplementación proteica de categorías en crecimiento.....	15
4.6.1. Investigaciones nacionales.....	15
4.6.2. Investigaciones internacionales.....	16
<b>5. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>6. HIPOTESIS.....</b>	<b>17</b>
<b>7. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>8. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>9. DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>40</b>
<b>12. ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Página

### **Figura N°:**

1. Tipos de respuestas a la suplementación.....	9
2.Registro de precipitaciones históricas comparada con las del período experimental.....	18
3.Comparación de las temperaturas máxima (arriba), media (medio) y mínima (abajo) registradas en la serie histórica y durante el período experimental.....	19
4. Registros del número de heladas (a) agrometereológicas y (b) meteorológicas de los registros históricos y las producidas durante el experimento.....	19
5. Disponibilidad forrajera promedio por tratamiento en todo el período.....	27
6. Evolución de la altura del CN por tratamiento por fecha de muestreo.....	28
7.Correlación entre altura y disponibilidad de pastura durante el período experimental.....	28
8.Disponibilidad de forraje verde y seco por tratamiento, promedio en todo el período.....	29
9. Evolución del PV (kg) durante el período experimental.....	32

### **Cuadro N°:**

1. Composición porcentual del suplemento de los distintos tratamientos (base seca).....	21
2. Suministro de urea en los T 3 y 4 durante el período de acostumbramiento (gramos/animal/día).....	22
3. Disponibilidad forrajera (kg MS/ha) por fecha de muestreo para cada tratamiento (media $\pm$ desvío estándar).....	26
4. Composición química del CN (media $\pm$ desvío estándar).....	30
5. Calidad de las fracciones verde y seca por fecha de muestreo.....	30
6. Datos de composición química de los suplementos utilizados.....	31

7. Suplemento ofrecido a diario por animal (promedio en todo el período)..... **31**

8. Consumo y concentración de PC y EM del suplemento ofrecido a los animales (promedio en todo el período)..... **32**

9. Ganancia diaria (kg/animal/día) por tratamiento y por período (media ± desvío estándar)..... **33**

10. Eficiencia expresada en kg de concentrado en base seca, por cada kg ganado..... **34**

11. Evolución del área de ojo de bife (cm<sup>2</sup>) por tratamiento (media ± desvío estándar)..... **34**

12. Evolución del espesor de grasa (mm) subcutánea por tratamiento (media ± desvío estándar)..... **35**

## LISTA DE ABREVIATURAS

AOB: área de ojo de bife.

CN: campo natural.

EG: expeller girasol.

FDA: fibra detergente ácida.

FDN: fibra detergente neutro.

INIA: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

MO: materia orgánica.

MOF: materia orgánica fermentescible.

MS: materia seca.

N: nitrógeno.

NH<sub>3</sub>: amoníaco.

NNP: nitrógeno no proteico.

PC: proteína cruda.

PDR: proteína degradable en rumen.

PM: proteína metabolizable.

PMo: proteína microbiana.

PND: proteína no degradable en rumen.

PV: peso vivo.

SGH: sorgo grano húmedo.

T1: grupo suplementado con sorgo grano húmedo.

T2: grupo suplementado con sorgo grano húmedo más expeller de girasol.

T3: grupo suplementado con sorgo grano húmedo, expeller de girasol y urea.

T4: grupo suplementado con sorgo grano húmedo más urea.

UEPP: Unidad Experimental Palo a Pique.

## 1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de fuentes nitrogenadas y la sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteico (urea) en el desempeño productivo de terneros suplementados con silo de grano húmedo de sorgo sobre campo natural (CN). Para el trabajo experimental se utilizaron 64 terneros de destete cruce Hereford x Aberdeen Angus con un peso vivo lleno (PV) inicial promedio  $184,2 \pm 13,9$  kg y 8 meses de edad. Los animales fueron estratificados por PV en 2 bloques (livianos y pesados) y asignados al azar en los tratamientos. Cada tratamiento contó con 5 ha de CN y 16 terneros (dotación 3,2 ternero/ha) en pastoreo continuo. Los tratamientos consistieron en la suplementación diaria (al 1% del PV en base seca) de los animales con: T1) Silo de sorgo de grano húmedo (SGH), T2) SGH + expeller de girasol (EG), T3) SGH + EG + urea (U), T4) SGH + U. Los suplementos de los T 2, 3, 4 fueron iso-proteicos (16% PC) a diferencia del T1 (9% PC). Se determinó la disponibilidad de forraje en el CN cada 28 días (promedio de  $2827 \pm 1247$  kg MS/ha) con 63% de restos secos y  $6,4 \pm 0,3$  proteína cruda (PC). Los animales se pesaron llenos (sin desbaste) cada 14 días, con dicha pesada se ajustó la cantidad de suplemento por animal en función de la evolución del PV. Adicionalmente se pesaron vacíos cada 28 días. Una vez por mes se registró el área de ojo de bife (AOB) y el espesor de grasa subcutánea de todos los animales a través de ultrasonografía en el músculo *Longissimus dorsi*. Se observaron diferencias ( $P < 0,05$ ) en el PV vacío de los terneros del tratamiento T1 respecto a los restantes tratamientos a partir del día 55 del experimento ( $151,1 \pm 16,8$ ,  $163,5 \pm 13,4$ ,  $160,7 \pm 14,7$ ,  $163,5 \pm 16,0$  kg, respectivamente). Dicha diferencia se mantuvo hasta el final del período experimental, siendo el PV vacío final  $175,7 \pm 18,4$ ,  $194,7 \pm 17,4$ ,  $195,9 \pm 18,2$ ,  $193,0 \pm 21,4$  para los T 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Los terneros de los tratamientos T2, T3 y T4 presentaron ganancias de PV diarias similares siendo estas mayores ( $P < 0,05$ ) a T1 ( $0,199 \pm 0,079$ ,  $0,217 \pm 0,013$ ,  $0,182 \pm 0,155$  y  $0,03 \pm 0,07$  kg, respectivamente). Los valores de AOB y de espesor de grasa dorsal no presentaron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos. Bajo estas condiciones la adición de fuentes nitrogenadas al SGH mejoró el desempeño productivo de terneros suplementados sobre CN, pero en el rango evaluado, la sustitución de EG por U como fuente nitrogenada no tuvo un efecto significativo en el desempeño productivo de los animales.

## 2. SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effect of the addition of nitrogen sources and the substitution of true protein by non-protein nitrogen (urea) in the performance of calves supplemented with high moisture sorghum grain silo grazing natural pastures (NP). Sixty four Hereford x A. Angus calves ( $184,2 \pm 13,9$  kg) 8 months old were stratified by body weight (BW) in 2 blocks (light and heavy) and randomly assigned to 4 treatments. Treatments consisted of daily supplementation (1% of BW dry basis) of animals with: T1) High moisture sorghum grain silo (HMSG), T2) HMSG + sunflower expeller (SE), T3) HMSG + SE + urea (U), T4) HMSG + U. Each treatment had 5 ha and 16 animals (stocking rate 3,2 calves/ha) in continuous grazing. Supplements on treatments 2, 3 and 4 were isoproteic (16% crude protein, CP) differing from CP in T1 (9% CP). Animals were weighed without fasting every 14 days to adjust the amount of supplement per animal at 1% of the BW, and the empty body weight was recorded every 28 days to estimate the average daily gain (ADG). Once a month, the rib eye area (REA) and subcutaneous fat thickness of all animals were recorded through ultrasound measurements of the *Longissimus dorsi* muscle. Forage availability was determined every 28 days averaging  $2827 \pm 1247$  kg DM/ha with a green to dead material ratio of 37:63 and  $6,4 \pm 0,3\%$  CP. Differences were observed ( $P < 0,05$ ) at day 55 of the experiment in the empty BW of calves in T1 compared to those in T2, T3 and T4 ( $151,1 \pm 16,8$ ,  $163,5 \pm 13,4$ ,  $160,7 \pm 14,7$ ,  $163,5 \pm 16,0$ , respectively). This difference was maintained until the end of the experimental period. Final empty body weight was ( $175,7 \pm 18,4$ ,  $194,7 \pm 17,4$ ,  $195,9 \pm 18,2$ ,  $193,0 \pm 21,4$  kg) for animals in treatments 1, 2, 3, and 4, respectively. Calves in treatments T2, T3 and T4 had similar ADG, being higher ( $P < 0,05$ ) than in T1 ( $0,199 \pm 0,079$ ,  $0,217 \pm 0,013$ ,  $0,182 \pm 0,155$  and  $0,03 \pm 0,07$  kg, respectively). Rib eye area values and subcutaneous fat thickness did not differ ( $P > 0,05$ ) between treatments. Under these conditions the addition of nitrogen sources to HMSG improved performance of supplemented calves grazing natural pastures. The substitution of a true protein source by urea had no significant effect on the performance of animals.

### 3. INTRODUCCION

(FA)

La ganadería en nuestro país se realiza básicamente sobre pasturas naturales, las cuales presentan una marcada distribución estacional, teniendo como común denominador en todo el país un importante déficit invernal. Esto trae aparejado un fuerte desbalance entre la disponibilidad forrajera y los requerimientos del animal. Este comportamiento se ve reflejado en los bajos índices productivos como es el caso de edad avanzada de faena de los animales (4-5 años). Ya que durante el invierno, los animales pierden cantidades importantes de peso que tienden a recuperar entre la primavera y el verano, para volver a perder en el siguiente invierno (Rovira, 1996).

Sumado a esto en los últimos años en el Uruguay se ha generado una reducción en el área dedicada a la ganadería debido principalmente al crecimiento del área agrícola y forestal, desplazando de esta forma la ganadería a zonas menos fértiles y de menor uso agrícola (DIEA, 2009). Sin embargo, este desfasaje entre la oferta y la demanda de forraje es cuantificable y potencialmente corregible mediante estrategias adecuadas de alimentación. Dentro de este marco la suplementación aparece como una medida de manejo estratégica, hasta ahora poco común en áreas ganaderas extensivas. Esta práctica se ha visto favorecida por el crecimiento del área agrícola, que trajo aparejado la disponibilidad de maquinaria en la zona Este del país, donde hasta hace un tiempo resultaban escasas, permitiendo hoy que el uso de tecnologías como el ensilado de grano húmedo de sorgo esté al alcance de los establecimientos criadores y de ciclo completo.

La tecnología de grano húmedo de sorgo se basa en que permite tener en forma rentable un volumen importante de energía, nutriente de mayor demanda, aunque muy deficiente en proteína. Dicha situación se agravaría cuando se lo utiliza en condiciones de campo natural, el cual contiene bajos contenidos de proteína cruda (Mieres y col., 2004), y cuando se trabaja con categorías de animales en crecimiento, que de por sí tienen altos requerimientos de proteína (NRC, 2000). Por ello, la inclusión de fuentes proteicas de origen vegetal (EG) o de origen sintético (urea) se presenta como una alternativa para incrementar el contenido de PC de grano húmedo de sorgo, pudiendo mejorar así el desempeño productivo de los animales jóvenes pastoreando campo natural. El uso de la urea se plantea además como una opción para bajar el costo económico de la fuente proteica y mejorar el desempeño productivo de los animales.

Este trabajo pretende brindar información nacional sobre el efecto de la suplementación en terneros de recría, con silo de grano húmedo de sorgo adicionando fuentes proteicas de origen vegetal y sintético.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Características del CN en la región Este

La región Este teniendo en cuenta la topografía, los suelos y las pasturas prevalentes puede ser dividida en tres grandes zonas ecológicas: Altas o de Sierras, Onduladas o de Colinas y Lomadas, y Baja o de Llanuras. De las tres zonas citadas la que resulta de interés es la de Lomadas, ya que allí se encuentra la UEPP perteneciente a INIA Treinta y Tres donde se desarrolló el presente experimento.

En la zona de lomadas se destacan dos unidades de suelo: Alférez y José Pedro Varela. Los suelos dominantes son brunsoles y argisoles subeútricos y como suelos asociados se encuentran planosoles subeútricos en las zonas planas. En general, dichos suelos se caracterizan por ser moderados a fuertemente ácidos, y deficientes en nitrógeno (N) y fósforo (P), lo cual afecta el crecimiento de la pastura. Estas características hacen que la capacidad de producción esté limitada a la cría o al engorde de animales a bajas cargas, llegando a grados de terminación a edades avanzadas. También presentan condiciones extremas de humedad con excesos pronunciados por mal drenaje y carencias marcadas por sequías, al poseer baja capacidad de almacenaje de agua (Ayala y col., 2005).

Las pasturas naturales de la zona de Lomadas presentan una marcada estacionalidad con máximas tasas de crecimiento en primavera y verano, dependiendo de las lluvias, y mínimas en invierno. Estas pasturas muestran una predominancia de gramíneas estivales perennes (80-85%) de baja calidad atribuible al mal manejo del CN durante muchas décadas, lo que limita el potencial de producción de dichas pasturas. Estas razones junto con la carencia de P en los suelos han contribuido a que la población de leguminosas nativas sea muy pobre y por consiguiente la introducción de N al ecosistema sea prácticamente nula (Ayala y Bermúdez, 2005).

La estimación de producción promedio estacional realizada en la UEPP, en el transcurso de 13 años fue de  $3425 \pm 1055$  kg/ha/año de MS, correspondiendo un 35% a la producción de verano, 26% a la de otoño, 11% a la de invierno y un 28% a la de primavera. Del forraje total producido el 77% es aportado solamente por 10 especies, entre las que se pueden destacar dos especies con un aporte del 30% a dicha producción: *Paspalum notatum* (16,7%) y *Axonopus affinis* (13,5%) (Ayala y Bermúdez, 2005). También la gramilla (*Cynodon dactylon*) hace un importante aporte de forraje debido a que un área significativa de la zona de Lomadas del Este se destinó al cultivo de soja con prácticas de laboreo convencional en las décadas del 80 y 90 que luego derivó en tapices regenerados naturalmente sin el establecimiento de una rotación cultivo-pasturas adecuada (Rovira, comunicación personal).

Adicionalmente, existe una importante variación de la producción de MS dentro de las estaciones, siendo el verano, otoño e invierno las que presentan valores más altos de coeficiente de variación (45, 43, y 42%, respectivamente). La primavera es la estación menos variable en cuanto a producción de forraje (26%) (Ayala y Bermúdez, 2005).

Con respecto a la calidad del forraje ofrecido por el CN, la digestibilidad de una pastura no es un valor estable. A medida que las plantas van madurando, la proporción de tallos aumenta y al tener éstos menor digestibilidad que las hojas, la digestibilidad total de la planta disminuye. La menor digestibilidad de los tallos está explicada porque contienen proporciones mayores de los componentes estructurales de la planta, tales como celulosa y hemicelulosa que poseen baja digestibilidad, y lignina que es indigestible (Rovira, 1996).

A medida que avanza el estado de crecimiento de las pasturas, aumenta su contenido de fibra, principalmente del contenido indigestible (lignina). Ello hace que aunque se cuente con suficiente disponibilidad de forraje el consumo se verá limitado físicamente por llenado del rumen afectándose la ganancia de peso individual (Santini y Rearte, 1997). En caso de pasturas de baja calidad, los animales no consumen lo necesario como para lograr una ganancia de peso adecuada, aún teniendo acceso a disponibilidades de forraje mayores de 2000 kg. MS/ha. En estas condiciones de baja calidad de las pasturas es factible incrementar la ganancia de peso de los animales por medio de la suplementación (Santini y Rearte, 1997).

En el invierno en los campos de Lomadas del Este es común que la oferta de forraje sea de muy baja calidad, compuesta principalmente por restos secos que se acumulan desde el verano y otoño, y que presentan una digestibilidad muy baja (24 %). La calidad de la fracción verde es mayor (50-55 %) pero su disponibilidad es totalmente limitante. Esto repercute directa y negativamente en el comportamiento animal, manifestándose importantes pérdidas de peso durante los meses de invierno (Quintans y col., 1994).

La concentración de PC encontrada por Carrera y col. (1996) en la UEPP a pastoreo continuo en invierno fue 10,5% en forraje verde y en forraje seco 5,5%. Valores similares de PC fueron encontrados por Gaggero y col. (1996) para la misma estación experimental. Esto estaría indicando que en caso de un predominio de la fracción seca en el CN se limitaría la producción animal dado el bajo valor proteico de la misma, y que en terneros el efecto negativo sería mayor, ya que aún se encuentran en crecimiento y requieren niveles proteicos adecuados para la síntesis de tejido muscular (Di Marco, 1994)

## **4.2. Requerimientos nutricionales del ternero**

### **4.2.1. Requerimientos energéticos y proteicos**

El crecimiento involucra procesos físico-metabólicos a nivel del organismo como un todo, a nivel tisular y celular. Desde el punto de vista energético, la acumulación de tejidos, que es la causa del aumento de peso, es consecuencia de que la energía del alimento que no se disipa como calor se retiene como proteínas y grasas en distintos tejidos. Estos dos términos del balance energético (producción de calor y retención), son consecuencias de procesos metabólicos y a su vez, causas de ganancias de peso, composición corporal y eficiencia del animal (Di Marco, 1994).

El costo de mantenimiento de los tejidos corporales representa la mayor parte de la demanda de energía y de la producción de calor en un sistema de producción. Dicho costo depende en gran parte de la composición corporal debido a que está relacionado, en primer lugar, con la proporción de tejido magro del animal y en segundo lugar con el peso relativo de tejidos como el hepático e intestinal que son de alta intensidad metabólica. Estos últimos son de gran importancia fisiológica, ya que están en relación con las variaciones de los requerimientos de nutrientes, con el gasto de energía y con la eficiencia del crecimiento (Di Marco, 1994).

Por lo tanto, el conocimiento de los factores que afectan la composición corporal de los animales es de gran importancia a la hora de predecir sus requerimientos. En este sentido, la tasa de retención de proteínas y grasas, así como su distribución en el organismo, depende de ciertas variables inherentes al animal, como el peso, la tasa de ganancia de peso, la edad, el sexo y el tamaño del animal o biotipo y, al mismo tiempo está afectada por factores externos como la alimentación, el clima, el manejo y el estado sanitario. Así, los bovinos jóvenes, como los terneros, tienen un peso relativo de tejidos de alta intensidad metabólica más alto que en animales adultos, lo que explica su mayor demanda energética por unidad de peso metabólico ( $\text{kg}^{0.75}$ ), así como sus mayores requerimientos proteicos (Di Marco, 1994).

A mayor tasa de ganancia de peso, la acumulación de grasa predomina sobre la de proteína, independientemente de su edad o peso; sin embargo cuando la ganancia de peso está limitada, la retención de grasa está más afectada que la de proteínas. Este efecto tiene mayor incidencia en los animales jóvenes o livianos que acumulan relativamente poca grasa (Di Marco, 1994).

Pordomingo (1993) señala que los requerimientos de proteína aumentan con la intensidad y el tipo de producción animal. Este autor menciona que los requerimientos de PC, medidos como porcentaje en la dieta (base seca), son altos para animales en lactación (15-16%), intermedios para animales en crecimiento-engorde (12%) y bajos para animales en mantenimiento (8-9%). En este sentido, ha sido calculado que los rumiantes jóvenes tienen requerimientos proteicos que pueden no ser cubiertos por la proteína generada por los microorganismos del rumen, cuando los mismos pastorean un CN de baja calidad. Esto probablemente está asociado a una carencia de N total, de N degradable a nivel de rumen, y/o de energía fermentable en rumen. En dichas condiciones la suplementación con proteína y/o energía sería particularmente importante sobre todo en el primer invierno post destete.

#### **4.2.2. Ambiente ruminal, digestión y metabolismo**

El rumen presenta una variada microflora compuesta por bacterias, protozoos y hongos, que actúan conjuntamente para atacar y degradar los alimentos (McDonald y col., 2006). La importancia nutricional de los microorganismos del rumen es que son esenciales para la digestión y fermentación de las grandes cantidades de alimento fibrosos que consumen los rumiantes y por otro lado son capaces de utilizar como fuente de N para la síntesis de proteína, tanto proteína de la dieta, como nitrógeno no proteico (NNP) así como también N reciclado hacia el rumen para su reutilización (Broderick, 2010).

Los rumiantes mantienen la población microbiana en el rumen al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los productos microbianos y los residuos alimenticios no digestibles, y manteniendo condiciones (pH, temperatura, y humedad) apropiadas para el crecimiento microbiano (Owens y Goetsch, 1993).

Con respecto al pH ruminal, el mismo es uno de los factores que más afecta el crecimiento microbiano en el rumen. Es sabido que la flora celulolítica se desarrolla mejor en el extremo menos ácido, en un rango de pH entre 6,0 a 6,9, quedando inhibida cuando el pH es inferior a 6. Mientras que a la flora amilolítica le es más favorable el extremo más ácido, en un rango de pH de 5,5 a 6,0 (Owens y Goetsch, 1993).

Con dietas a base de concentrados, el pH del fluido ruminal suele oscilar entre 5,5 y 6,5, mientras que con dietas de forrajes cabe esperar valores de 6,2 a 7. El pH suele ser mínimo entre 1/2 y 4 horas después de ingerir una toma de pienso, reflejando el equilibrio entre las tasas de producción de ácidos, llegada de tampones procedentes de la saliva y presencia o liberación de tampones o bases del pienso (Owens y Goetsch, 1993).

En cuanto a la proteína se puede decir que la mayor parte de la PC de los alimentos es convertida en proteína microbiana (PMo), el conjunto de los aminoácidos absorbidos finalmente en intestino delgado se mantiene bastante constante en los rumiantes, con independencia de la composición en aminoácidos de la proteína de la dieta (Schingoethe, 1993).

#### **4.2.3. Factores que afectan la síntesis de proteína microbiana en el rumen**

La síntesis microbiana depende de la cantidad, de la naturaleza y del equilibrio de los nutrientes presentes en el rumen y por tanto, de las características de los alimentos. Por otra parte, esta síntesis depende de las condiciones de la actividad microbiana, al igual que los fenómenos de degradación. Las cantidades de energía y de compuestos nitrogenados simples disponibles en el rumen son los dos factores principales que condicionan la importancia de la síntesis, si bien no son los únicos,

ya que las disponibilidades de minerales (particularmente azufre), de oligoelementos y de vitaminas intervienen también (Owens y Zinn, 1993).

Además de materias nitrogenadas, los microorganismos del rumen requieren energía derivada de sustancias capaces de fermentar en el rumen. Algunos autores plantean que, de la cantidad de energía disponible, sería importante el grado de sincronización entre la energía y proteína a nivel de rumen. El término sincronización se refiere al hecho de proporcionar al sistema ruminal las fuentes de proteína y energía en forma simultánea y en las cantidades requeridas a fin de optimizar su utilización por la microbiota asociada. Teóricamente de esta forma se lograría el máximo crecimiento microbiano y el mayor aporte de nutrientes para el animal, aunque no siempre se ha constatado (Repetto y Cajarville, 2009).

El % mínimo de PC que debe contener la dieta para cubrir los requerimientos de los microorganismos es del 7% (Owens y Zinn, 1993). Esta condición puede no cumplirse en diferentes casos, sobre todo cuando la base de la dieta son pasturas sobre CN de baja calidad, que muchas veces contienen menos del 7% de PC en su MS (Mieres y col., 2004).

El contenido en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) del líquido ruminal refleja el resultado de los procesos de degradación y de síntesis proteica. Con una dieta deficiente en proteína (o cuando gran parte de esta es resistente a la degradación), la concentración de  $\text{NH}_3$  en el rumen será baja (50 mg/l o menos) y el crecimiento de los microorganismos será lento, retardándose en consecuencia, la degradación de los carbohidratos (Owens y Zinn, 1993).

El crecimiento microbiano está inicialmente determinado por la cantidad de energía disponible en el rumen, es decir por la cantidad de materia orgánica fermentescible (MOF). Esta MOF es el sustrato para la proliferación bacteriana, que sintetiza en promedio 145 g de proteína por kg de MOF. La proporción de MO fermentada depende de las condiciones del rumen y en particular, del tiempo de retención de los alimentos en éste. Así esta proporción disminuye al aumentar el nivel de ingestión ya que el tránsito digestivo se hace más rápido (Owens y Zinn, 1993).

Las dietas que contienen una mezcla de forrajes y concentrados incrementan la síntesis de proteínas microbiana debido a diversos factores: una mejor sincronización de liberación de nutrientes, una mejora del medio ambiente ruminal para diversas especies de bacterias ruminales, un incremento de las cantidades y tipos de sustratos, un aumento de la ingesta y posteriormente el aumento de la tasa de pasaje de sólidos y líquidos (Pathak, 2008).

### **4.3. Consumo voluntario de animales en pastoreo**

Se entiende por consumo voluntario de MS a la cantidad de alimento que el animal consume cuando la oferta y calidad del mismo no es limitante (Rovira, 1996). En condiciones de pastoreo se puede expresar el consumo como el producto de la tasa de consumo (g/minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos). La tasa de

consumo a su vez puede ser descompuesta como el producto entre tasa de bocados (bocados/minuto) y peso de cada bocado individual (g) (Cangiano, 2007). El consumo de forraje por parte del animal en pastoreo está determinado por factores relacionados con el animal (edad, PV, nivel de producción y condición corporal), la pastura (digestibilidad, composición química, especie, cantidad de forraje y madurez), el manejo (cantidad de forraje por animal y por día, suplementación, fertilización y sistema de pastoreo) y el ambiente (temperatura, humedad, fotoperíodo, velocidad del viento, entre otros) (Cangiano, 2007).

Como regla general se puede aseverar que una vez que la disponibilidad es dos veces menor al máximo consumo posible se empieza a producir un descenso en la cantidad de forraje consumido (Rovira, 1996). Dicho autor obtuvo como resultados que el consumo de terneros de 5 a 6 meses de edad disminuyó aproximadamente un 18% cuando la disponibilidad diaria de forraje bajó de 90 a 30g de MO/kg de PV. Este descenso estuvo asociado a una disminución de la altura del forraje, que pasó de 7,4 a 5,4 cm, y a una menor digestibilidad. A medida que aumenta la digestibilidad del alimento, aumenta el consumo tanto de MS como de energía, hasta un cierto nivel de digestibilidad (65-68%) en el cual se obtiene el máximo consumo de ambos parámetros. Para requerimientos únicamente de mantenimiento, digestibilidades de 50 y 55% serían en general suficientes, pero para mantenimiento y producción no deberían bajar de 60%; así, para un ternero de destete la pastura tendría que tener una digestibilidad del orden del 70% (Rovira, 1996).

El peso o tamaño de bocado no depende solo de la disponibilidad de forraje sino que se debe tener en cuenta la estructura de la pastura como la altura. Actualmente se considera la altura del forraje disponible como la variable de la pastura más directamente asociada al tamaño de bocado y a la tasa de consumo instantáneo. Se han reportado relaciones lineales entre tamaño de bocado y altura de la pastura para un amplio rango de situaciones productivas (Cangiano, 2007). En nuestras condiciones de CN y también de mejoramiento de campo se ha logrado determinar una altura de alrededor de 5 a 6 cm, lo que equivale a unos 1.000 kg MS/ha de forraje disponible, debajo de la cual los animales disminuyen sus ganancias de peso o tienen pérdidas (Rovira, 1996).

Desde el punto de vista de la calidad del forraje, los parámetros de Fibra Detergente Acido (FDA) y Fibra Detergente Neutro (FDN) son especialmente importantes en alimentos con altos contenidos de fibra. La FDN representa la pared celular del vegetal y está integrada por la fracción de celulosa, hemicelulosa, lignina y por la fracción de ligno-proteína del alimento, si a esta se le extrae la hemicelulosa con un detergente se obtiene la FDA. Cuando la dieta supera un nivel de 32% de FDN, se considera que el consumo es limitado por un efecto de llenado físico o distensión del rumen, afectándose el consumo más marcadamente cuando se suministran dietas con proporciones de FDN superiores al 60-65%, como es el caso de los forrajes groseros (Cangiano, 2007). En cuanto al nivel de FDA se considera que afecta la digestibilidad del alimento, a mayor FDA menor la digestibilidad.

Montossi y col. (2000) determinaron que el valor relativo del alimento que es consumido por los vacunos en CN es mayor al valor relativo del forraje ofrecido. Esto fue determinado para las estaciones de invierno, primavera y verano, demostrando así los efectos que tiene la selectividad animal sobre el valor nutritivo de la dieta cosechada por los vacunos, independientemente de la estación. El componente verde de la pastura es más seleccionado por su mejor accesibilidad y facilidad de consumo por los animales en pastoreo, siendo por lo tanto consumidos a una tasa mayor (Montossi y col., 2000; Cangiano, 2007). Vacunos fistulados consumiendo CN durante el invierno con una concentración energética de 2,0 Mcal EM/kg MS, 10,5% de proteína y 72,6% de FDA, efectivamente consumieron forraje con valores de 2,2, Mcal EM/kg MS, 13,6% y 63,6%, respectivamente (Montossi y col., 2000).

Otro factor a tener en cuenta sería el clima, ya que éste repercute directamente en el desempeño productivo del ganado, afectando el consumo de energía, los requerimientos de mantención y la utilización de la energía. El ganado puede resistir cortos períodos de adversidad y compensar las ganancias cuando las condiciones ambientales son restauradas. Esto hace que muchas veces no se observen cambios significativos en su desempeño productivo (Arias y col., 2008).

Cuando las temperaturas mínimas son extremas, se producen menores ganancias de peso, extensión del período de engorde y reducción de la conversión de alimento. La menor productividad durante el invierno está asociada a que los animales activan procesos de termogénesis para hacer frente a los ambientes fríos, no obstante los efectos de esta activación resultan en una reducción de la digestibilidad de 0,2 unidades por cada °C e incrementan los requerimientos de mantención. Otros factores que afectan el desempeño productivo del ganado durante el período invernal son la lluvia, la que disminuye temporalmente el consumo de alimento en un 10 a 30% (Arias y col., 2008).

#### **4.4. Suplementación**

##### **4.4.1. Definición y objetivos**

Se define el término “suplementación” como “el suministro de alimentos adicionales al forraje pastoreado, cuando éste es escaso o está inadecuadamente balanceado, con el objeto de aumentar el consumo de nutrientes y alcanzar determinados objetivos de producción”. El suministro de concentrados energéticos o proteicos a animales en pastoreo puede tener como objetivo minimizar pérdidas de animales en períodos de crisis forrajera, maximizar el desempeño animal y/o mejorar la eficiencia de utilización del forraje (Pigurina, 1994).

##### **4.4.2. Tipos de respuesta**

Es posible definir cinco tipos de respuesta de los animales en pastoreo cuando se les ofrece un suplemento, dependiendo de cómo varía el consumo total y de pastura respecto al de suplemento (Pigurina, 1994) (Figura 1).

**Adición:** Se da comúnmente cuando el aporte de nutrientes de parte de la pastura es insuficiente. La deficiencia hace que un pequeño aporte de nutrientes vía suplemento, se sume a los de la pastura bajo pastoreo. Habría respuestas crecientes al uso de suplementos hasta cierto límite, dependiendo de la cantidad y calidad del suplemento y del consumo de pastura; en general, niveles de consumo de pastura por debajo de 1,5 Kg MS/100kg de PV determinan efectos de adición, y por encima del 1,5% comienzan a ser sustitutivos.

**Adición con estímulo:** ocurre en casos en que el suplemento suministra nutrientes y a su vez estimula el consumo de forraje de baja calidad. Es frecuente en la suplementación de forrajes de baja calidad con proteínas o con NNP.

**Sustitución:** ocurre cuando la pastura cubre los requerimientos del animal y se manifiesta claramente cuando el suplemento suministrado es de mayor palatabilidad y calidad que la pastura. La tasa de sustitución de pastura por suplemento aumenta a medida que aumenta la oferta de suplemento y se generan excedentes de forraje.

**Sustitución con depresión:** se presenta cuando el suplemento (generalmente de mayor valor nutritivo que el forraje consumido) provoca depresión en el consumo y digestión del mismo.

**Adición y sustitución:** son situaciones comunes en la práctica donde existe un efecto aditivo al comienzo de la suplementación, y que derivan en efectos sustitutivos de la pastura, al mejorar el comportamiento animal.

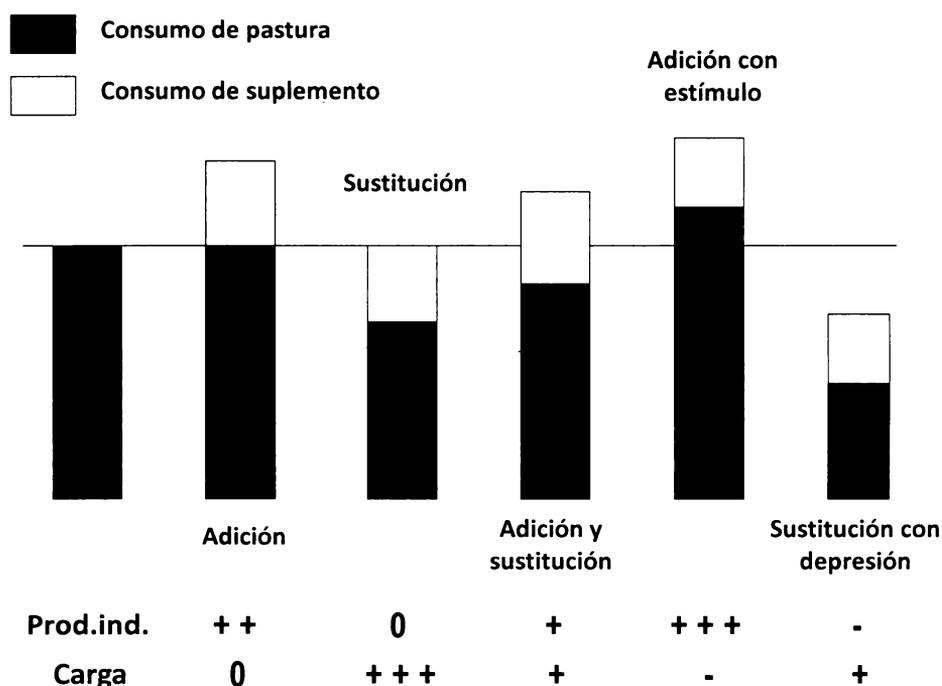


Figura 1. Tipos de respuestas a la suplementación.

Estos efectos del suplemento sobre el forraje y el tipo de relación resultante, también dependerán de la interacción compleja de una serie de factores como pueden ser: estructura del tapiz, disponibilidad y calidad del forraje, tipo de suplemento, nivel de suplementación, procesado del suplemento, procesado del forraje, frecuencia de alimentación, hora de suplementación, fotoperíodo, características del animal (especie y categoría) (Pirugina, 1994).

Independientemente, de la situación de la pastura considerada, la respuesta a la suplementación muestra una relación inversa con la asignación de forraje, es decir que cuanto mayor es la oferta de pasto, menor será la respuesta obtenida por efecto de agregar un concentrado respecto a un animal que no lo recibe (Pirugina, 1994).

Cuando el consumo se vé limitado por una deficiencia de proteína en el forraje, al suplementar con proteína se puede superar esta deficiencia, incrementar la tasas de digestión en el rumen y aumentar el consumo de forraje, con lo que se estaría en presencia de adición en vez de sustitución (Cangiano, 2007).

#### **4.4.3. Suplementación con grano húmedo de sorgo**

El grano de sorgo es un alimento energético, los cuales se definen como aquellos alimentos que contienen menos de 18% de fibra cruda y menos de 20% de PC en base seca, dentro de los cuales se encuentran los granos de cereales, subproductos de molinería (afrechillos), melaza, grasas y aceites (NRC, 2000). Se trata de un alimento que posee alto contenido de almidón y bajo en calcio y fibra cruda. En comparación con el maíz, el contenido de energía metabolizable de la mayoría de las variedades tiende a ser menor (3,2 Mcal/kg MS) y el contenido de proteínas tiende a ser mayor (7,8 a 9%) (Cecava, 1995).

El almidón de los granos de sorgo es generalmente considerado como menos accesible a la degradación enzimática del animal que el de otros granos como el trigo o el maíz. La ruptura de la barrera física que recibe el grano a través del procesamiento, no solo reduce el tamaño de la partícula, sino que también incrementa la superficie de contacto disponible para la unión de los microorganismos y el ataque enzimático. Para el grano de sorgo, donde la ruptura por masticación es muy escasa (5 a 25% del grano entero, dependiendo del peso del animal), es indispensable su procesamiento para alimentar bovinos de cualquier categoría y así obtener una elevada digestibilidad (Montiel y Elizalde, 2004).

La degradación del almidón del grano de sorgo a su vez dependerá básicamente del genotipo en cuestión (Repetto y Cajarville, 2009). Las principales diferencias entre genotipos están dadas por las características del endosperma y la presencia de taninos, compuestos que disminuyen el aprovechamiento digestivo del grano de sorgo fundamentalmente al formar complejos indigestibles con proteínas y almidón. El efecto de los taninos puede verse reducido mediante la fermentación anaeróbica (ensilado) del grano o la adición de sustancias como álcalis o ácidos, tratamientos

que además alterarían el endospermo aumentando la digestibilidad del almidón (Curbelo, 2010).

El sorgo para grano se puede almacenar bajo condiciones de alto contenido de humedad en un medio ácido, obtenido mediante una fermentación anaeróbica (NRC, 2000). La eficiencia alimenticia del ganado suplementado con grano húmedo de sorgo, es de 10 a 18% mayor en comparación con el ganado alimentado con grano de sorgo seco (Cecava, 1995), siempre y cuando se logre un ensilaje de buena calidad.

Los factores más importantes que afectan la calidad del proceso de ensilado son: el contenido de humedad del grano, el contenido de azúcares simples (solubles), el tipo de bacterias presentes y predominantes, la exclusión de aire y la velocidad de fermentación. La humedad de campo más buscada en el material a guardar ronda el entorno de 26 al 30%; este factor guarda estrecha relación con el nivel de acidez o pH de la reserva. El nivel de acidez es el principal responsable por la calidad y la longevidad del material guardado, teniendo un valor óptimo de 4,75 o inferior. El contenido de MS afecta la calidad de la fermentación, mostrando “desvíos” o procesos indeseables, los que se “leen” como nivel de N amoniacal ( $N-NH_3$ ) desarrollado por la reserva. Los valores óptimos son de 5-8%; este parámetro nos indica la posible vida útil del material y la eventualidad de problemas de aceptación por parte de los animales. También el contenido de azúcares simples (solubles) es otro factor importante, ya que estos son la fuente de energía con que las bacterias que fermentan el grano cuentan para multiplicarse y crecer, colonizar toda la masa de material guardado, fermentarlo y de esta forma alcanzar el producto final (Curbelo, 2010).

El valor de FDN es otro aspecto importante a considerar, ya que niveles altos de esta reflejan un aumento del contenido de material fibroso dentro del silo, generalmente proveniente de la panoja de la planta. Al incrementar la fibra en el silo de grano húmedo se incrementa el volumen total de MS del silo aunque la digestibilidad y valor energético de dicha fibra es sensiblemente menor a la energía aportada por el grano (Rovira y Velazco, 2010a).

El bajo contenido de proteína del grano húmedo de sorgo hace que no sea recomendable su utilización como único suplemento en esquemas de suplementación sobre CN, fundamentalmente en categorías jóvenes en activo crecimiento (terneros), que presentan elevados requerimientos de proteína (Rovira y Velazco, 2010a). Esto se acentúa cuando los animales en crecimiento son manejados con una dieta base que tiene un contenido bajo de proteína (<14%PC) como puede ser el campo natural (Santini y Rearte, 1997).

En esta situación, la inclusión de fuentes proteicas de origen vegetal (soja, girasol) o de origen sintético como la urea podría ser una alternativa válida para incrementar el contenido de PC de los ensilajes de grano húmedo, sobre todo cuando se lo va a utilizar como suplemento para terneros manejados en CN (Rovira y Velazco, 2010b).

La suplementación con proteínas en este caso sería fundamental para el uso óptimo de forrajes de baja calidad (DelCurto y col., 1999).

#### **4.4.4. Suplementos proteicos**

Las fuentes comerciales de suplementos proteicos de origen vegetal más usadas en el país proceden de las harinas y tortas de soja, girasol y subproductos de la industria del maíz. Dentro de las primeras, la harina de girasol es una de las más utilizadas en la alimentación animal. El contenido de proteína de este suplemento se encuentra en el entorno del 35%, y un porcentaje elevado del N (más de 95%) aparece como proteína verdadera, muy digestible, que le confiere un valor biológico elevado a su proteína. Sin embargo, su alto contenido de fibra de baja digestibilidad hace que la composición química de esta harina varíe en cuanto a sus aportes de proteína y energía cuando es utilizada en combinación con otros alimentos. Con respecto a la harina o expeller de soja obtenidos de la extracción de aceite, estos presentan un elevado aporte energético (similar al de los cereales) y un importante contenido de PC (46 a 48%) de alto valor biológico (Repetto y col., 2003). Al comparar la degradabilidad ruminal del EG, la harina de soja aporta un mayor % de proteína sobrepasante o bypass debido a que la degradabilidad de la proteína en rumen se considera entorno al 66% (NRC, 2000).

Por otra parte, las fuentes más importantes de NNP empleadas en la nutrición de rumiantes son: urea, sales amónicas, biuret, fosfato diamónico y polifosfato amónico. Al tener en cuenta el precio, facilidad de empleo, apetecibilidad y toxicidad, la urea resulta ser el compuesto nitrogenado no proteico más investigado y empleado en la alimentación de rumiantes (McDonald y col., 2006).

El equivalente proteico de la urea se estima en 287%, y este surge de multiplicar el porcentaje de N en la urea (46%) por el factor 6,25, asumiendo que las proteínas poseen 16% de N. El empleo de la urea resulta más eficiente al administrarla como suplemento de N en las raciones de bajo contenido proteico. Para evitar el riesgo de intoxicaciones, no debería administrarse en cantidades mayores al 3% del concentrado, o no superar al 1,5% de la dieta (Repetto y col., 2003), o limitar el consumo a un tercio de la PC (Emerick, 1993), y siempre que sea factible, debe consumirse en tomas reducidas y frecuentes (McDonald y col., 2006).

Según McCollum y Horn (1990), los efectos positivos que encontramos al suplementar con N a una dieta carente de él, pueden deberse, independientemente de la fuente, a una corrección de una deficiencia de N no ruminal, lo que permitiría incrementos en el flujo de N no amoniacal al duodeno, ya sea PMo o proteína no degradable. Las fuentes de proteína verdadera, a diferencia de la urea, permitirían además corregir la deficiencia de algún aminoácido o desbalance a nivel de tejido, lo que promovería la deposición de tejido. Dichas fuentes constituyen además una fuente energética, aportan minerales y vitaminas al intestino, por lo que se debe tener en cuenta a la hora de formular dietas balanceadas utilizando urea como fuente de NNP.

## *Metabolismo de las proteínas*

La PC del alimento está compuesta por dos fracciones, la proteína degradable en rumen (PDR) y la no degradable (PND). En el rumen, la PDR es utilizada para la síntesis de proteína microbiana (PMo), la que una vez en el intestino es absorbida como proteína metabolizable (PM), la cual se define como la proteína verdadera absorbida en el intestino provista por la PMo y la proteína no degradada en rumen (NRC, 2000). La PM tiene en cuenta la degradación ruminal de la proteína y separa los requerimientos entre necesidades de los microorganismos ruminales y del animal. La PMo se considera un 80% proteína verdadera, y de esta se digiere un 80% ( $PM \text{ proveniente de la PMo} = PMo * 0,64$ ), por otro lado, la fracción PND pasa sin modificaciones por el rumen, y al llegar al intestino se absorbe como PM, asumiendo una digestibilidad del 80% ( $PM \text{ proveniente de la PND} = PND * 0,80$ ) (NRC, 2000).

## *Metabolismo del N*

La fuente de N proviene de la proteína y el NNP de los alimentos que son degradados en el rumen, además de la urea re-circulante que ingresa por vía sanguínea o por la saliva. No aportan al crecimiento microbiano del rumen la proteína de pasaje ni la proteína unida a taninos o lignina (Repetto y Cajarville, 2009).

Las proteínas degradables de la dieta sufren una hidrólisis secuencial por parte de las bacterias. En primer lugar actúan las enzimas extracelulares (proteasas y peptidasas) que como producto final liberan al medio ruminal oligopéptidos (di y tri-péptidos) y aminoácidos, los que a su vez son rápidamente absorbidos por las bacterias. En su interior actúan las enzimas intracelulares, que transforman los oligopéptidos en aminoácidos y desdoblan estos últimos por acción de desaminasas en  $NH_3$  y esqueletos carbonados. En general se acepta que la degradabilidad de las proteínas depende en gran medida de su solubilidad en el medio, dado que ésta facilitaría la adsorción de las mismas a los microorganismos, condición necesaria para que se lleve a cabo la hidrólisis (Owens y Zinn, 1993).

El  $NH_3$  producido puede ser utilizado para la formación de proteína bacteriana. Para muchas especies bacterianas, la presencia de  $NH_3$  es indispensable para esta síntesis. Tal es el caso de la mayoría de las cepas celulolíticas. Por otra parte, cuando la cantidad de  $NH_3$  producido excede la capacidad de utilización por los microorganismos, dicho exceso es absorbido a través del epitelio ruminal, transformándose en urea a nivel hepático (Cajarville y Repetto, 2005).

## *Utilización de urea en rumiantes*

La utilización de  $NH_3$  por los microbios del rumen permite la utilización de los compuestos a base NNP de la dieta, tales como la urea, así como la captura de reciclado de N-urea, que de otro modo se excretaría por la orina (Broderick, 2010). Para que resulte óptima la utilización del NNP la dieta deberá contener cantidades

suficientes de carbohidratos fáciles de fermentar. Si el rumen no dispone de energía suficiente para proporcionar los esqueletos de carbono necesarios para elaborar nuevos aminoácidos a partir del NNP, en el caso de tener un gran exceso de  $\text{NH}_3$  este será absorbido hacia la corriente sanguínea, parte penetrará en la sangre periférica y puede causar intoxicación por  $\text{NH}_3$  (Schingoethe, 1993). Dicho proceso además tiene un costo energético que puede reducir el desempeño de los animales (Cohen, 2001).

Estudios "in vitro" demostraron que las principales especies bacterianas del rumen pueden cubrir sus requerimientos proteicos usando el  $\text{NH}_3$  como única fuente de N; sin embargo, cuando estas bacterias se encuentran en el medio ruminal cubren más del 50 % de sus requerimientos de N a partir de aminoácidos aportados por la dieta. Las proteínas microbianas son de excelente calidad con una buena composición de aminoácidos para los rumiantes y pueden ser responsables de más del 50% de los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado (NRC, 2000). También se ha demostrado que habría una mayor síntesis de proteína microbiana cuando las fuentes de N provienen de proteínas y no de NNP (Broderick y Reynal, 2005).

#### **4.5. Ultrasonografía**

La tecnología del ultrasonido es utilizada como una herramienta para evaluar la composición carnífera de los animales vivos. Es un método no invasivo ni destructivo, que permite determinar el valor y la calidad de un animal, desde su desenvolvimiento fetal hasta su venta final. Los trabajos de investigación referentes al uso de la ultrasonografía para estimar características de la canal muestran que la misma tiene alta precisión para la predicción de grasa subcutánea (0,74 a 0,94) y baja a alta precisión para estimar área del ojo del bife (0,20 a 0,95) (Brito y col., 2001).

##### *Área de ojo de bife*

Es la medida del área del músculo dorsal largo (*Longissimus dorsus*) en centímetros tomada por ecografía entre la 12ª y 13ª costilla y se considera un fiel indicador de la calidad carnífera de la res, ya que tiene correlación negativa con el engrasamiento: cuando aumenta la musculatura disminuye el engrasamiento y viceversa en proporción. El AOB es una medida de mediana heredabilidad y tiene una alta correlación genética positiva con el porcentaje de cortes minoristas (Brito y col., 2001).

##### *Espesor de grasa subcutánea*

Es la profundidad del tejido graso sobre el área del ojo del bife (*Longissimus dorsus*) a la 10ª o 12ª costilla. La misma consiste de una simple medición registrada a una distancia equivalente a los  $\frac{3}{4}$  de longitud de este músculo desde la espina dorsal. Esta medida se encuentra entre las de mediana heredabilidad y tiene una baja correlación genética con el porcentaje de grasa intramuscular y una alta correlación

genética negativa con el porcentaje de cortes minorista (Ferrario y Fernández, 2007).

El espesor de grasa subcutánea explica la variación en rendimiento de las canales. Las tasas de crecimiento varían con los diferentes tipos biológicos y líneas genéticas, lo que determina la utilidad de esta variable para predecir rendimiento carnicero. Los resultados obtenidos por la investigación indican que la ultrasonografía es suficientemente sensible para detectar los cambios en el espesor de grasa en el tiempo en el animal vivo (Brito y col., 2001).

#### **4.6. Resultados de suplementación proteica de categorías en crecimiento**

##### **4.6.1. Investigaciones nacionales**

Dentro de los trabajos nacionales que analizaron la suplementación proteica de categorías en crecimiento sobre pasturas de baja calidad se encuentra el realizado por Ochoa y Vidal (2004) quienes utilizaron como suplemento un núcleo proteico de origen comercial con 38% de PC. Dichos autores registraron ganancias de PV moderadas en terneras de destete del orden de 193 g/animal/día durante el período invernal, logradas con consumos de suplemento de 0,15% del PV, presentando diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) respecto a los grupos testigos que no fueron suplementados (-32 g/animal/día).

Rovira y Velazco (2010b) en un trabajo realizado en INIA Treinta y Tres, evaluaron el efecto de la adición de fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo sobre campo natural. Los autores concluyeron que existió un efecto significativo de la adición de fuentes proteicas en la ganancia de peso individual comparado con la suplementación sólo con sorgo sin fuente adicional de proteína (391 y 248 g/animal/día respectivamente), no existiendo diferencias entre los suplementos proteicos evaluados (suplemento proteico y EG).

Gómez y col. (1995) evaluaron el efecto de la suplementación energética, proteica y energético-proteico en terneras de destete pastoreando CN en su primer invierno de vida. El experimento evaluó 4 tratamientos: un lote testigo que no contó con suplementación, y 3 lotes que contaron con una fuente energética (sorgo molido), fuente proteica (EG) o fuente energética-proteica (afrechillo de arroz). Los suplementos fueron isoenergéticos, variando el nivel de PC (8,1% para sorgo, 14,6% para afrechillo, 32,5% para girasol). Existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el consumo de PC y la ganancia diaria promedio entre los tratamientos suplementados respecto al testigo ( $p < 0,05$ ). Se concluyó que la suplementación invernal de terneras de destete se tradujo en performances animales superiores a las terneras sin suplementar. Utilizando niveles de suplementación del 0,7 al 1% del PV, fue posible obtener ganancias del orden de los 0,200 kg/animal/día durante el período invernal, no encontrándose diferencias importantes a favor de una determinada fuente proteica.

Tieri y col. (2010) en INIA La Estanzuela analizaron el efecto de diferentes niveles de proteína (13, 15 y 17%) y la sustitución de proteína verdadera por NNP en bovinos en crecimiento alimentados a corral, y concluyeron que a mayor nivel de proteína, mayor fue la ganancia de peso y la eficiencia de conversión del alimento a carne. Sin embargo, la sustitución de proteína verdadera por urea se mostró inferior en la ganancia diaria y en la eficiencia de conversión que su tratamiento iso-nitrogenado donde el nitrógeno provenía de proteína verdadera.

#### **4.6.2. Investigaciones internacionales**

Sampaio (2009) y Figueiras y col. (2010) evaluaron el consumo, digestibilidad y dinámica ruminal en bovinos alimentados con heno o pastura de baja calidad suplementados con nitrógeno, y reportaron que el flujo de compuestos nitrogenados microbianos al intestino delgado, así como los coeficientes de digestibilidad total de MS, MO, PC, FDN se relacionaron lineal y positivamente con los niveles de PC en la dieta. Los autores concluyeron que los beneficios sobre la utilización del forraje basal de baja calidad son obtenidos con suplementos que permitan elevar el tenor de PC de la dieta a niveles de por lo menos 9 a 10%.

Hennessy y Williamson (1990) evaluaron el efecto del nivel de urea en el consumo y desempeño de bovinos alimentados con heno de baja calidad. Obtuvieron ganancias de peso en todos los grupos suplementados con urea, mientras que los animales que consumieron la dieta basal (heno de baja calidad) perdieron peso. No obstante observaron una tendencia para el ganado a tener mayores ganancias en los niveles más bajos de consumo de urea (15 y 23 g/animal/día) que los más altos (42 y 53 g/animal/día).

Dixon (1999) reveló que cuando la urea se incluyó la dieta base (paja, paja tratada con álcali y heno de leguminosas) para novillos, la concentración de  $\text{NH}_3$  aumentó rápidamente después de comer, pero luego disminuyó rápidamente, de manera que la concentración fue inferior a 50 mg N / L durante aproximadamente 12 horas cada día, lo que según el mismo autor podría afectar la digestión microbiana de los componentes fibrosos de la dieta, particularmente si los forrajes tienen bajo contenido de N, alto contenido en fibra y baja digestibilidad.

Resultados similares fueron encontrados por Kozloski y col. (2000), quién evaluó la influencia de la adición de urea en dietas isoenergéticas e isonitrogenadas sobre el lugar y la extensión de la digestión de los componentes no nitrogenados en novillos, y determinaron que la concentración de amonio ruminal aumentó por la adición de urea en la dieta, pero solamente en las tres primeras horas después de la ingestión del alimento, no siendo influenciada significativamente en los demás horarios. En el mismo estudio, dichos autores registraron que el pH aumentó linealmente con la adición de urea en la dieta en las dos primeras horas después de la ingestión del alimento, lo que podría haber favorecido la actividad inicial de bacterias celulolíticas, concluyendo que la sustitución de harina de soja por urea, como fuente

suplementaria de N aumentó la digestión de la fibra del alimento, pero no la digestión de la materia seca.

Kropp y col. (1977) evaluaron diferentes niveles de urea y la compararon con la harina de soja en novillos consumiendo heno de baja calidad (sustituciones de 25, 50 y 75 % del N suplementado por urea), determinaron que la producción de proteína ruminal parece ser igual, independientemente de la fuente de N, sin embargo cuando se sustituyó harina de soja por urea la digestibilidad aparente de la MS y MO al igual que el flujo de nutrientes al abomaso se redujeron.

## **5. OBJETIVOS**

Evaluar el efecto de la adición de fuentes nitrogenadas al grano húmedo de sorgo para mejorar la ganancia de terneros manejados en campo natural durante invierno.

Evaluar el efecto de la sustitución de proteína verdadera (expeller de girasol) por NNP (urea) en el desempeño productivo de terneros suplementados al 1 % de peso vivo con silo de grano húmedo de sorgo sobre campo natural.

## **6. HIPOTESIS**

La adición de fuentes nitrogenadas al silo de grano húmedo de sorgo mejora el desempeño productivo de terneros suplementados sobre campo natural.

La sustitución de expeller de girasol por urea como fuente nitrogenada no tiene un efecto significativo en el desempeño productivo de terneros sobre campo natural suplementados con ensilaje de grano húmedo de sorgo.

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **7.1. Localización Espacial y Temporal**

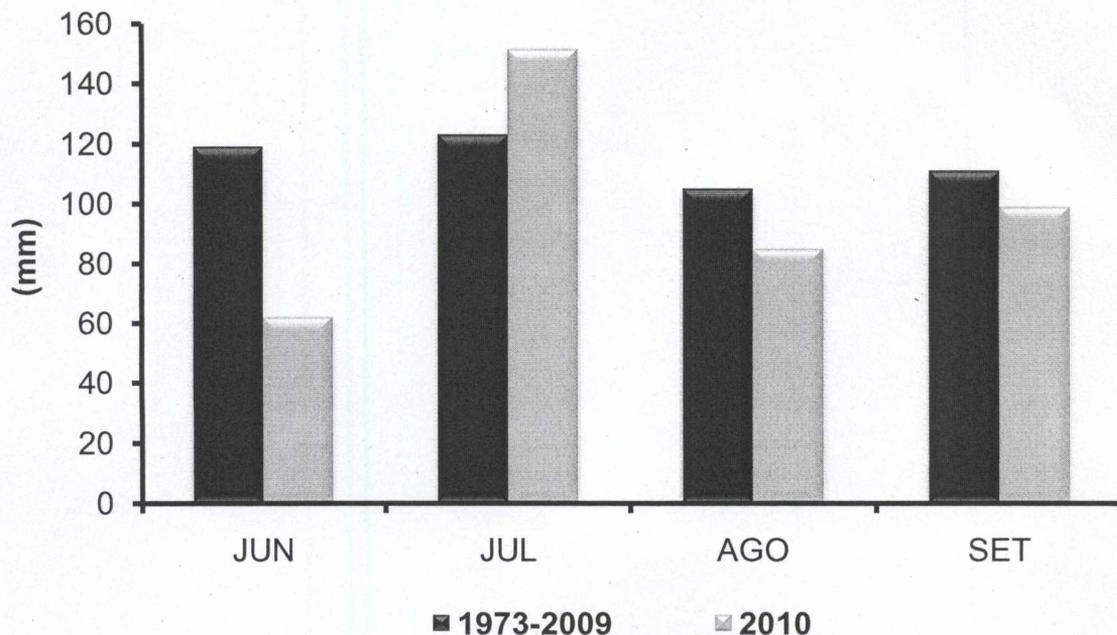
El experimento fue realizado en la UEPP, la cual pertenece a la Estación Experimental del Este, INIA Treinta y Tres. Está ubicada en la Seccional Policial 7<sup>a</sup>, del departamento de Treinta y Tres, sobre Ruta N° 19, a 6 Km al oeste de la Ruta Nacional N°8. (S 33° 15'38.77", W 54° 29'45.34").

El trabajo de campo se extendió desde el 26 de mayo hasta el 14 de setiembre de 2010 (113 días).

### **7.2. Clima**

Los registros de precipitaciones se obtuvieron del pluviómetro ubicado en la UEPP y fueron comparados con los registros de la serie histórica 1973-2009 correspondiente a la Estación Meteorológica de la Unidad Experimental de Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres, ubicada aproximadamente 20 km al Noreste del sitio experimental.

El total de precipitaciones durante el período del ensayo estuvo 13% por debajo de la serie histórica (397 y 458 mm, respectivamente) (Figura 2). Excepto en julio, donde llovió un 23% por encima de lo normal, en el resto de los meses las precipitaciones estuvieron por debajo de los valores de la serie histórica.



**Figura 2. Registro de precipitaciones históricas comparada con las del período experimental.**

Los datos de temperatura diaria (mínima, máxima, media) se obtuvieron de la estación meteorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna (INIA Treinta y Tres). Durante el desarrollo del ensayo, fundamentalmente en los meses de junio, julio y agosto, se registraron temperaturas medias y mínimas por debajo del promedio de la serie histórica (Figura 3).

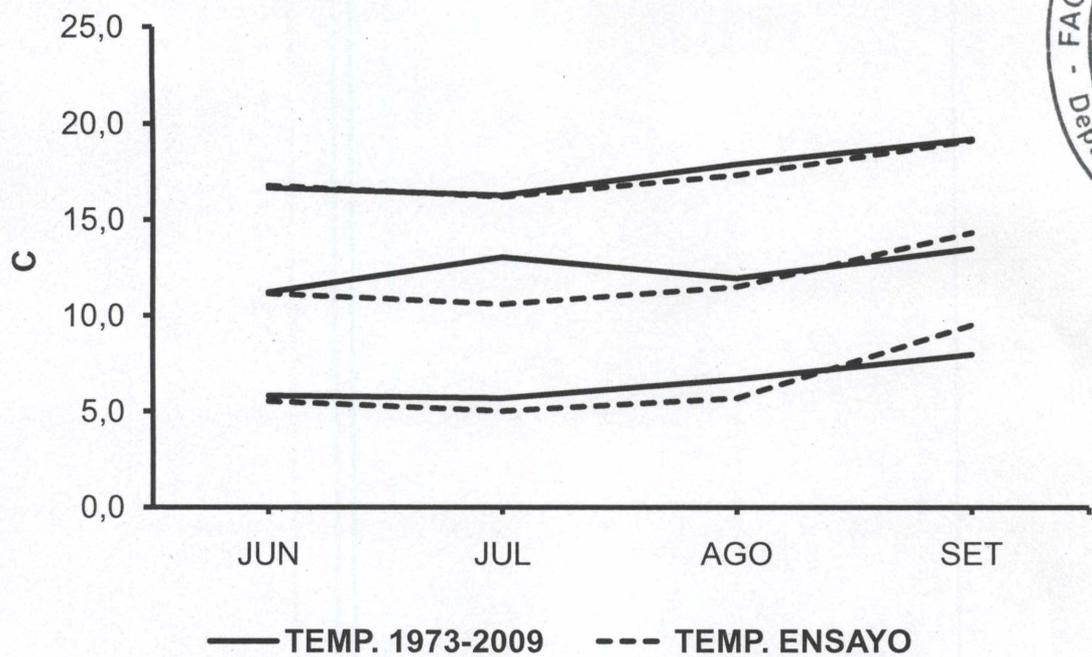
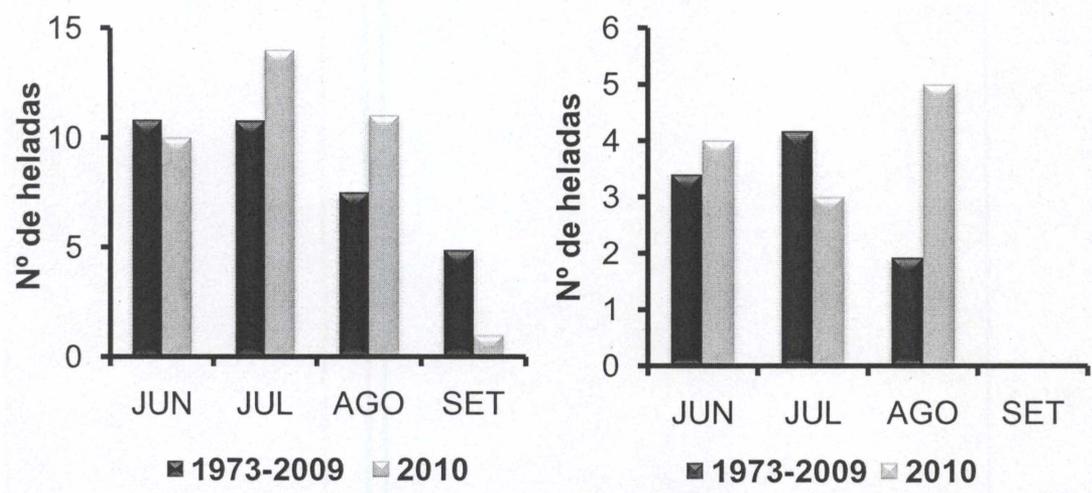


Figura 3. Comparación de las temperaturas máxima (arriba), media (medio) y mínima (abajo) registradas en la serie histórica y durante el período experimental.

Con los registros obtenidos de temperatura, se cuantificaron las heladas agrometeorológicas (temperatura a nivel del césped menores o iguales a 0°C) y heladas meteorológicas (temperatura ambiente menor o igual a 0°C a la altura de la casilla meteorológica) (Figura 4).



(a) (b)

Figura 4. Registros del número de heladas (a) agrometeorológicas y (b) meteorológicas de los registros históricos y las producidas durante el experimento.

El número total de heladas fue mayor (6% agrometeorológicas y 33% meteorológicas) en el 2010 comparado con la serie histórica 1973-2009. Durante el período experimental se destacaron julio y agosto con un importante número de días con heladas ya sean agrometeorológicas y/o meteorológicas.

### **7.3. Suelos**

El Grupo de suelos CONEAT predominante sobre el cual se desarrolló el experimento (aprox. 85%) corresponde al grupo 10,7 de la Unidad Alférez. El resto pertenece a la Unidad La Charqueada. Los suelos del grupo 10,7 se distribuyen al noreste del Dpto. de Lavalleja, centro-oeste del Departamento de Rocha y sur del Dpto. de Maldonado. El relieve es ondulado suave a ondulado, con interfluvios ligeramente convexos o aplanados y laderas ligeramente convexas con pendientes de alrededor del 2%. El uso es predominantemente pastoril y de agricultura estival asociada, la vegetación es de pradera con predominio de especies de primavera y verano.

### **7.4. Diseño Experimental**

#### **7.4.1. Animales**

Se utilizaron 64 bovinos de la especie *Bos taurus*, cruce Hereford x Aberdeen Angus, categoría terneros de destete (fecha promedio de nacimiento 22/09/2009  $\pm$  19 días), provenientes del Módulo de Cría de la UEPP (peso inicial promedio 184,2  $\pm$  13,9 kg). Los animales fueron estratificados por PV en 2 bloques (livianos y pesados) y asignados al azar en los tratamientos.

#### **7.4.2. Campo Natural**

El experimento se llevó a cabo sobre 20 ha de CN, reservadas desde fines del verano hacia el otoño. El área se subdividió en 4 potreros de 5 ha cada uno. En el tapiz predominaban especies estivales en estado de madurez, tales como *Paspalum dilatatum* y *Cynodon dactylon*, especies indicadores de campo bruto regenerado. La historia agrícola del potrero se remonta a la década del 80 asociada a la expansión del cultivo de soja en la zona Este. El potrero contaba con un tamar central al cual los animales de los diferentes tratamientos accedían libremente sin mezclarse.

#### **7.4.3. Tratamientos**

Cada tratamiento contó con 5 ha de CN y 16 terneros (dotación 3,2 ternero/ha) manejados en pastoreo continuo. Los tratamientos consistieron en la suplementación diaria de los animales con:

- T1)** Sorgo Grano Húmedo (SGH)
- T2)** SGH + Expeller de Girasol (EG)
- T3)** SGH + EG + Urea
- T4)** SGH + Urea

Los animales asignados a los 4 tratamientos fueron suplementados al 1% del PV en base seca de acuerdo a las dietas que se observan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Composición porcentual del suplemento de los distintos tratamientos (base seca).**

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS			
	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
SGH (%)	100	75.0	86.6	97.7
UREA (%)	-	-	1.2	2.3
EG (%)	-	25.0	12.2	-

<sup>1</sup> SGH, <sup>2</sup> SGH+EG, <sup>3</sup> SGH+EG+U, <sup>4</sup> SGH+U

El objetivo fue que las dietas de los T 2, 3 y 4 fueran iso-proteicas (igual nivel de proteína por kg de MS) con un porcentaje de PC de 16% con una mínima variación en la concentración energéticas de las dietas. El ajuste final de la proporción de los distintos componentes en cada dieta se estableció en función de los resultados del análisis del valor nutritivo de los suplementos utilizados.

#### 7.4.4. Suplementos

El silo de grano húmedo provino de 6 has de sorgo granífero (variedad MS 109) cosechadas en el área de rotaciones de la UEPP. El cultivo fue sembrado en siembra directa el 9 de diciembre de 2009, cosechado el 14 de abril del 2010 con 23,4 % humedad. Una vez cosechado, el grano fue quebrado previo al embolsado en condiciones anaeróbicas (silobag) utilizando una embolsadora marca Richiger de 6 pies de diámetro. El tiempo de espera entre el embolsado y la apertura del silo para suministro a los animales fue de 30 días. Una mayor descripción y caracterización del silo de grano húmedo se realiza en la sección de Resultados.

Los suplementos proteicos utilizados, tanto el EG como la urea (uso agrícola), fueron de origen comercial.

#### 7.4.5. Manejo Sanitario

Para evitar problemas de parásitos gastrointestinales los animales fueron dosificados previo al comienzo del período experimental. Las drogas suministradas fueron Nitromic® (Nitroxinil) vía subcutánea el día 7 de mayo de 2010, y cuatro días más tarde se dosificó con Ricoverm® (Ricobendazol) vía subcutánea. Las dosis utilizadas fueron las indicadas según el laboratorio fabricante. Adicionalmente, los terneros se vacunaron contra fiebre aftosa, siendo ésta de carácter obligatorio en el país.

En la mitad del experimento se tomaron muestras de heces del recto de un 25% de los animales (4 animales/tratamiento) y se enviaron a laboratorio para análisis copro-

parasitario. Posteriormente se dosificó la totalidad de los animales del experimento debido a que el número de huevos por gramo de materia fecal (HPG) superó los 300 en el 50% + 1 de los animales en al menos un tratamiento. Según recomendación de asesor veterinario, los fármacos utilizados fueron Bifetacel 10%® (Fenbendazol) por vía oral y Cydectin NF® (Moxidectin). Las dosis utilizadas fueron las indicadas por el laboratorio fabricante.

Con el objetivo de chequear la eficiencia de la dosificación antihelmíntica, 12 días más tarde de la misma se realizaron muestreo para análisis coprológico, obteniéndose resultados por debajo de 300 HPG en todas las muestras extraídas (4 animales por tratamiento).

Como comentario general, no se observaron síntomas clínicos de intoxicación por urea ni tampoco casos de acidosis clínica. En los terneros con síntomas de queratoconjuntivitis, se aplicó BTK 35® (furazolidona; acetato de hidrocortisona; sulfadiazina argéntica) hasta la recuperación de los afectados.

#### 7.4.6. Manejo de los alimentos

La suplementación se realizó de lunes a domingo durante la mañana. El sorgo se extrajo del silo el mismo día del suministro a los animales, excepto los fines de semana en donde se dejaron las cantidades ya pesadas en bolsas identificadas el día viernes. El agregado de urea se realizó en el momento de la extracción del sorgo de la bolsa (silobag), en tanto el expeller se mezcló con el sorgo en los comederos colectivos. En ambos casos se realizó un mezclado homogéneo con las manos.

El acostumbramiento al sorgo se realizó durante los 12 días previos al inicio del ensayo sobre CN. Se empezó dando 0,5 kg/animal/día y se incrementó gradualmente hasta llegar a 2 kg/animal/día (base fresca). El período de acostumbramiento a la urea para los tratamientos 3 y 4 se inició en el día 0 del experimento de acuerdo al protocolo observado en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Suministro de urea en los T 3 y 4 durante el período de acostumbramiento (gramos/animal/día).**

TRATAMIENTO	DÍA													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T3 <sup>1</sup>	5	5	10	10	10	15	15	15	20	20	20	22	22	22
T4 <sup>2</sup>	5	5	10	10	15	15	20	20	30	30	40	40	42	42

<sup>1</sup>SGH+EG+U, <sup>2</sup>SGH+U.

## **7.5. Registro y Determinaciones**

### **7.5.1. Campo Natural**

La disponibilidad de forraje en el CN se determinó cada 28 días totalizando 5 fechas de muestreo (0, 28, 56, 84, 112 d). Se realizó a través de corte al ras del suelo con tijera manual, de diez cuadros de 50 x 20 cm por tratamiento. El muestreo fue realizado en forma dirigida, intentando seleccionar áreas representativas del potrero. Previo al corte de cada cuadro se registró la altura promedio del tapiz a ser muestreado. Se determinó a través de 5 mediciones sobre cada área dentro del rectángulo de corte (en los 4 ángulos y 1 en el medio) utilizando una regla graduada. En el laboratorio, cada corte se pesó fresco individualmente y luego se procedió a mezclar todos los cortes por tratamiento formando una muestra compuesta por tratamiento. De cada muestra se extrajeron 3 sub-muestras de aproximadamente 200 g cada una. Dos sub-muestras fueron colocadas en estufa hasta peso constante (48 horas) a una temperatura de 60°C. Luego por diferencia entre peso fresco y peso seco se determinó el porcentaje de MS de la pastura, el cual fue utilizado para el cálculo de la disponibilidad de forraje. En la restante sub-muestra, se separó manualmente la fracción verde y seca, las cuales fueron secadas individualmente siguiendo el mismo procedimiento antes mencionado.

Las muestras de MS (general) y de las fracciones verde y seca se analizaron por separado en las fechas de muestreo 0, 56 y 112 día se enviaron al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela. Se realizaron los análisis de MS por secado de la muestra a 104 °C (AOAC, 1984), digestibilidad de la materia orgánica (DMO) "in vitro" según método de Tilley y Terry (1963), proteína cruda por método Kjeldahl (AOAC, 1984), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) según método de Van Soest y col., (1991), y cenizas por incineración de la muestra a 550 °C (AOAC, 1984).

### **7.5.2. Suplementos**

A inicio, mitad y fin del experimento se tomó una muestra del EG y otra del SGH y se enviaron al Laboratorio Analítico Agroindustrial (Paysandú) para análisis de MS, PC y FDA. Adicionalmente, en 6 ocasiones se tomó una muestra compuesta de 500 g del silo de grano húmedo y se separaron manualmente las fracciones físicas correspondientes a grano entero, partido y molido. Cada fracción se pesó en base fresca y se expresó porcentualmente. La acidez del silo (pH) se registró en 5 ocasiones utilizando un pH-metro manual colocado en 3 posiciones (arriba, centro y abajo) en la boca del silo.

En los casos en que existiera rechazo de suplemento en los comederos al momento de realizar una nueva entrega, el mismo se recogió y pesó.

### **7.5.3. Animales**

Los animales se pesaron llenos (sin desbaste) cada 14 días (0, 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 día) a primer hora de la mañana previo a la suplementación. Con dicha pesada se ajustó la cantidad de suplemento en función al promedio del PV por tratamiento. Adicionalmente se pesaron vacíos (12 h de ayuno) en las pesadas correspondientes a 0, 28, 56, 84 y 112 día. Los animales fueron retirados de las parcelas todos al mismo tiempo, para luego ser pesados.

Una vez por mes (junio, julio, agosto y setiembre) se registró el AOB y el espesor de grasa subcutánea de todos los animales a través de ultrasonografía en el músculo *Longissimus dorsi*, realizado por el mismo operario.

## 7.6. Diseño y Análisis Estadístico

Las variables disponibilidad de forraje y altura del tapiz se analizaron según un diseño completamente al azar, usando un modelo que evaluó el efecto del tratamiento en cada fecha de muestreo y promediando sobre todo el período experimental. En cada fecha de muestreo cada sub-muestra (rectángulo) fue considerada como una repetición dentro de cada tratamiento. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + e_j$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = disponibilidad de forraje o altura de tapiz ( $i = 1, 2, 3, 4$  tratamientos;  $j = 1, 2, \dots, 9, 10$  repeticiones)

$\mu$  = media general

$a_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i = 1, 2, 3, 4$ )

$e_{ij}$  = error experimental.

Adicionalmente, se evaluó el efecto de la fecha de muestreo en la altura y disponibilidad de forraje (promediando sobre los tratamientos) con el objetivo de describir la evolución de las características de la pastura en el tiempo. En todos los casos, se utilizó el procedimiento GLM de SAS, realizando comparación de medias mediante test de Tukey cuando el análisis de varianza fue significativo ( $P < 0,05$ ).

Se estudió la asociación entre la altura del tapiz y la disponibilidad de forraje utilizando un modelo de regresión lineal del tipo:  $y = a + bx$ ; siendo  $y$  = forraje disponible, y  $x$  = altura del tapiz.

Los resultados de verde/seco y el valor nutritivo de la pastura (calidad) se describieron y analizaron numéricamente.

En las variables registradas en el animal el análisis estadístico se realizó en base a un diseño con bloques completos al azar. Los animales fueron distribuidos en bloques según su PV inicial (bloque 1: 159 a 183 kg; bloque 2: 184-228 kg) y luego

asignados al azar en los distintos tratamientos. El PV, AOB, y espesor de grasa subcutánea fueron analizadas como medidas repetidas con el procedimiento MIXED de SAS siendo el modelo utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + \gamma_k + (a\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + d_{il} + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : evolución de peso, ganancia media diaria, AOB, espesor de grasa subcutánea y altura de anca del j-ésimo bloque perteneciente al i-ésimo tratamiento en el k-ésimo período.

$\mu$ : media general

$a_i$ : efecto fijo del i-ésimo tratamiento ( $j = 1, 2, 3, 4$ )

$\beta_j$ : efecto fijo del j-ésimo bloque ( $i = 1, 2$ )

$\gamma_k$ : efecto fijo del k-ésimo período ( $k = 1, 2, 3, 4, 5$ )

$(a\beta)_{ij}$ : efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y j-ésimo bloque

$(\alpha\gamma)_{ik}$ : efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y k-ésimo período

$(\beta\gamma)_{jk}$ : efecto de la interacción entre el j-ésimo bloque y k-ésimo período

$d_{il}$ : efecto aleatorio del l-ésimo animal en el i-ésimo tratamiento

$e_{ijk}$ : error experimental

Las medidas de ultrasonografía (AOB y espesor de grasa subcutánea) fueron corregidas por sus respectivos valores iniciales (covariable inicial).

En análisis de la ganancia diaria promedio de peso (kg/animal/día) se calculó considerando la diferencia entre el PV final e inicial de los animales sobre el total del período (sin considerar las pesadas intermedias). Tanto la ganancia diaria promedio de peso (113 d) como la ganancia registrada en cada período (28 d) comprendido entre pesadas de los animales vacíos se analizó utilizando el comando PROC GLM con los efectos fijos del tratamiento y bloque, y la interacción entre ambos, de acuerdo al modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + (a\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : ganancia media diaria de peso

$\mu$ : media general

$a_i$ : efecto fijo del i-ésimo tratamiento ( $j = 1, 2, 3, 4$ )

$\beta_j$ : efecto fijo del j-ésimo bloque ( $i = 1, 2$ )

$(a\beta)_{ij}$ : efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y j-ésimo bloque

$e_{ijk}$ : error experimental

En todos los casos, cuando un efecto fue significativo ( $P < 0,05$ ) fue utilizado el Test de Tukey o el comando LSMEANS/PDIFF para comparación de medias. Cuando existieron interacciones significativas entre efectos fijos, el análisis de las mismas se priorizó sobre el análisis de los efectos fijos individuales.

## 8. RESULTADOS

### Pastura

#### *Disponibilidad de forraje*

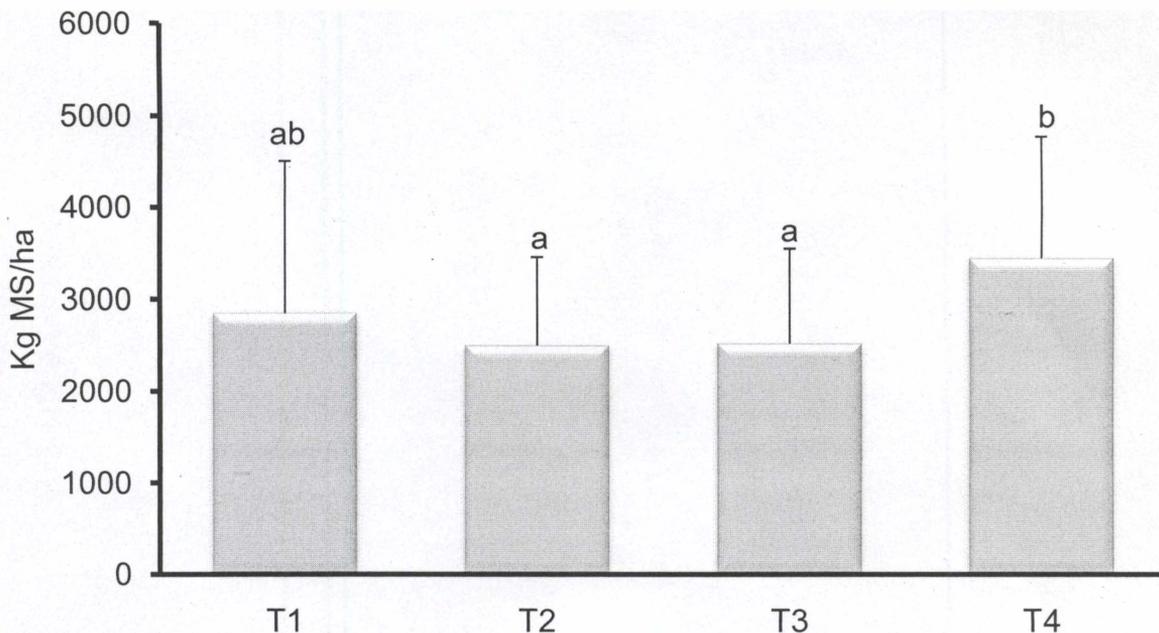
El cuadro 3 presenta la información detallada de la disponibilidad de forraje en cada tratamiento por fecha de muestreo. La disponibilidad forrajera inicial mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre T4 (4177 kg MS/ha) y T2 (2342 kg MS/ha), no existiendo otras diferencias ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos. En las siguientes fechas de muestreo no se encontraron diferencias en el forraje disponible entre tratamientos.

**Cuadro 3. Disponibilidad forrajera (kg MS/ha) por fecha de muestreo para cada tratamiento (media  $\pm$  desvío estándar).**

FECHAS	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
27/5/2010	3324 $\pm$ 1458 ab	2342 $\pm$ 909 a	2830 $\pm$ 1156 ab	4177 $\pm$ 1276 b
24/6/2010	3022 $\pm$ 2131	2540 $\pm$ 1017	2553 $\pm$ 865	3722 $\pm$ 1573
26/7/2010	3222 $\pm$ 1378	2727 $\pm$ 999	2757 $\pm$ 1563	4202 $\pm$ 1971
19/8/2010	3123 $\pm$ 2220	2767 $\pm$ 1041	2382 $\pm$ 629	2838 $\pm$ 925
15/9/2010	1543 $\pm$ 1108	2110 $\pm$ 843	2065 $\pm$ 953	2296 $\pm$ 915

<sup>1</sup> SGH, <sup>2</sup> SGH+EG, <sup>3</sup> SGH+EG+U, <sup>4</sup> SGH+U. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos.

La diferencia establecida en el disponible inicial repercutió en el promedio por tratamiento en todo el período, determinando diferencias ( $P < 0,05$ ) entre T4 (3447 kg MS/ha) con respecto a T2 (2497 kg MS/ha) y T3 (2517 kg MS/ha) (Figura 5). El T1 (2847 kg MS/ha) no presentó diferencias ( $P > 0,05$ ) de disponibilidad promedio de forraje con el resto de los tratamientos.



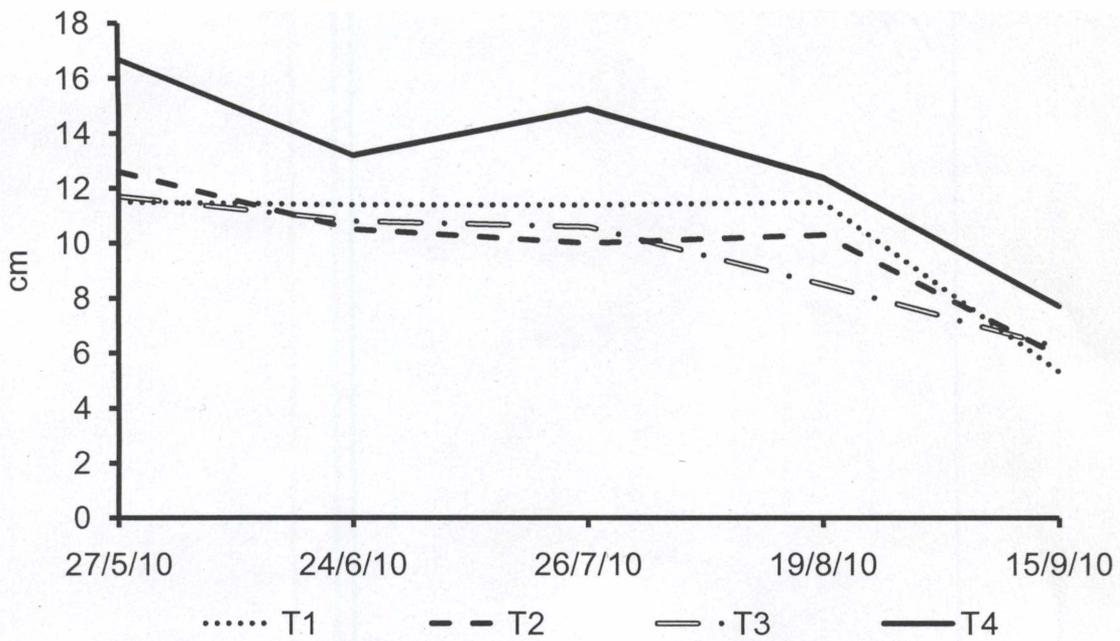
Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

**Figura 5. Disponibilidad forrajera promedio por tratamiento en todo el período.**

En función de la disponibilidad de forraje promedio, la dotación y la duración del experimento se estimó la asignación de forraje por animal y por día, correspondiendo a valores de 7,9 (T1), 6,9 (T2), 6,9 (T3) y 9,5 (T4) kg MS/animal/día (no se consideró el crecimiento diario de la pastura). Dichos valores están en el rango de asignación diaria de forraje de 4,0 – 5,5% del PV en función de la evolución de peso de los animales.

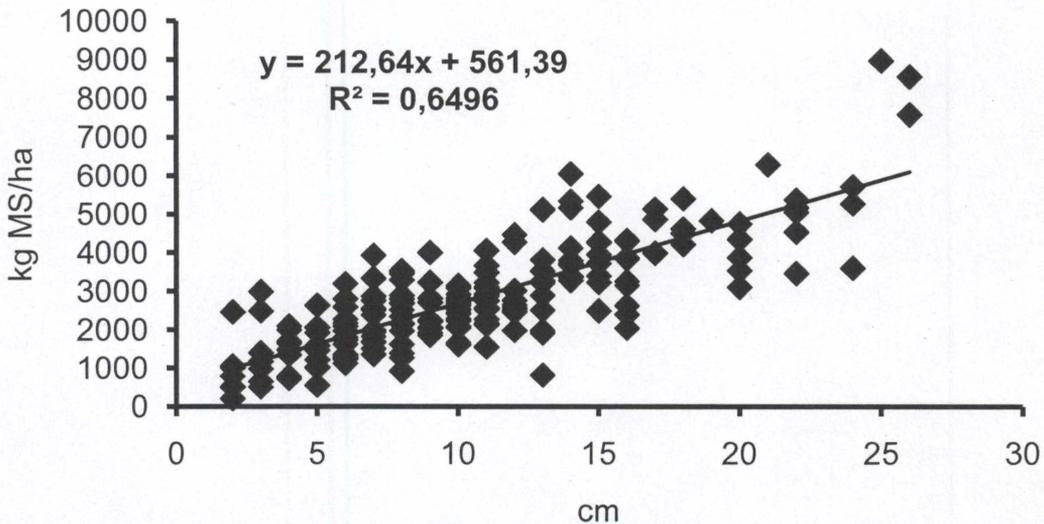
#### *Altura del tapiz*

La evolución de la altura del tapiz acompañó la misma tendencia que la evolución del forraje disponible, disminuyendo a medida que avanzó el período experimental (Figura 6). No se presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) de altura entre tratamientos por fecha de muestreo, únicamente al inicio del ensayo el T4 mostró una tendencia ( $P = 0,09$ ) a ser mayor que los restantes. Al promediar la altura en todo el período el valor registrado en T4 (12,98 cm) mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) con el promedio de altura de los restantes tratamientos (9,88 cm).



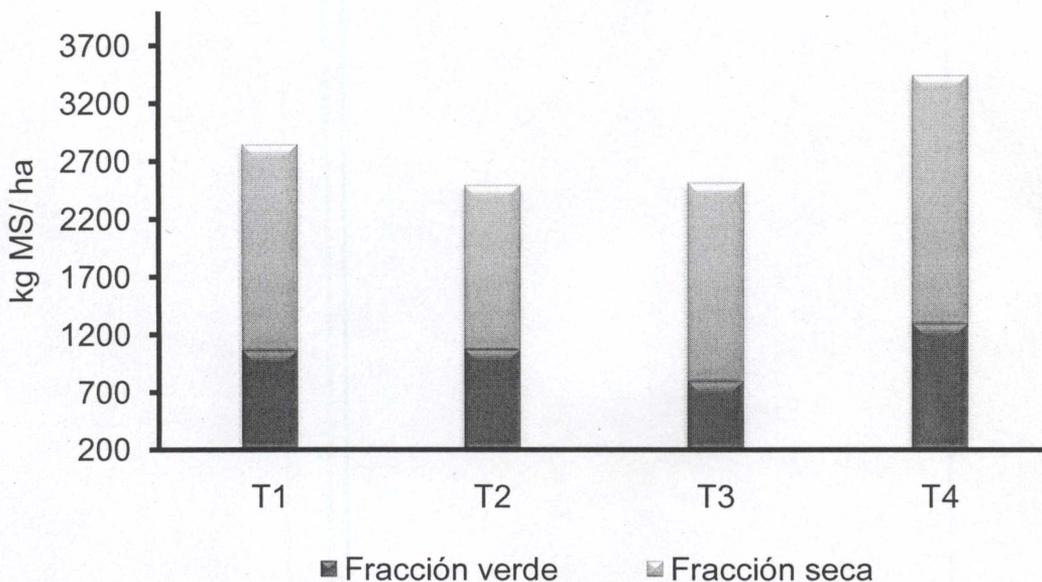
**Figura 6. Evolución de la altura del CN por tratamiento por fecha de muestreo.**

Se encontró una correlación positiva y alta ( $r=0,80$ ) entre la disponibilidad forrajera y la altura del forraje, lo que indica que valores de altura mayores se traducen en más kg MS/ha. Cada cm de incremento de altura representó 213 kg MS/ha en el rango de 2 a 26 cm (Figura 7).



**Figura 7. Correlación entre altura y disponibilidad de pastura durante el período experimental.**

El porcentaje promedio de fracción verde entre tratamientos en el forraje ofrecido al inicio y fin del experimento fue de 55 y 38%, respectivamente. En el anexo 1 se presenta la evolución de la relación verde/seco por tratamiento y fecha de muestreo. En la figura 8 se detalla la disponibilidad de MS/ha promedio por tratamiento de las fracciones verde y seco correspondiente a todo el período, que muestra un predominio de la fracción seca de la pastura con respecto a la verde, en todos los tratamientos.



**Figura 8. Disponibilidad de forraje verde y seco por tratamiento, promedio en todo el período.**

Si se calcula la asignación de forraje verde por animal y por día promedio para todo el período, los valores serían de 2,9, 2,9, 2,2, 3,5 kg MS/animal/día, para los T 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Los kg MS de la fracción verde/ha no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) por fecha de muestreo entre tratamientos.

*Valor nutritivo del CN*

Como no se encontraron diferencias en la calidad del CN entre los tratamientos, los datos presentados en el cuadro 4 son valores promedios de los 4 tratamientos por fecha de muestreo.

**Cuadro 4. Composición química del CN (media  $\pm$  desvío estándar).**

ANÁLISIS	FECHAS DE MUESTREOS		
	27/5/2010	26/7/2010	15/9/2010
%DMO <sup>1</sup>	31,3 $\pm$ 3,7	31,4 $\pm$ 2,3	34,8 $\pm$ 2,6
%FDA <sup>2</sup>	52,0 $\pm$ 2,7	51,1 $\pm$ 1,5	48,9 $\pm$ 1,7
%FDN <sup>3</sup>	72,9 $\pm$ 1,1	73,3 $\pm$ 1,0	69,8 $\pm$ 1,9
%CEN <sup>4</sup>	11,8 $\pm$ 1,0	11,8 $\pm$ 1,0	15,3 $\pm$ 2,0
%PC Total <sup>5</sup>	6,6 $\pm$ 0,5	5,7 $\pm$ 0,2	6,9 $\pm$ 0,3

<sup>1</sup>Digestibilidad de la MO, <sup>2</sup>Fibra Detergente Acido, <sup>3</sup>Fibra Detergente Neutro, <sup>4</sup>Cenizas, <sup>5</sup>PC Total del CN.

La evolución de los valores de calidad del CN no mostró variaciones importantes en las diferentes fechas de muestreo. Los valores de PC al inicio del experimento se encuentran dentro de lo esperado para este tipo de CN (Cuadro 4), al igual que su evolución, donde se puede observar una disminución de este valor hacia la mitad del invierno debido a una reducción de la fracción verde y hacia el final un aumento de esta con un correspondiente aumento de PC (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Calidad de las fracciones verde y seca por fecha de muestreo.**

ANÁLISIS	FECHAS DE MUESTREOS					
	27/5/2010		26/7/2010		15/9/2010	
	VERDE	SECO	VERDE	SECO	VERDE	SECO
%DMO <sup>1</sup>	42,5	22,4	47,4	28,8	52,3	28,6
%FDA <sup>2</sup>	44,4	55,5	40,7	52,9	37,6	53,0
%FDN <sup>3</sup>	70,5	74,9	67,6	75,3	68,7	68,3
%CEN <sup>4</sup>	11,4	13,9	10,1	12,2	11,1	16,7
%PC <sup>5</sup>	9,1	5,2	8,8	6,3	12,0	5,4

<sup>1</sup>Digestibilidad de la MO, <sup>2</sup>Fibra Detergente Acido, <sup>3</sup>Fibra Detergente Neutro, <sup>4</sup>Cenizas, <sup>5</sup>PC.

La composición química de las fracciones del CN verde y seca, presentaron variaciones importantes entre ellas. Se encontró una mayor digestibilidad y % de PC de la fracción verde respecto al seco, parámetro de especial importancia en nuestra categoría de animales (Cuadro 5).

## Suplementos

Los valores del análisis físico del grano húmedo de sorgo no mostraron variaciones importantes a lo largo del período experimental, predominando el porcentaje de grano molido (58,6%) y quebrado (39,4%), mientras que el valor promedio de pH fue 4,9 (Anexo 2).

El cuadro 6 muestra el valor nutritivo del grano húmedo de sorgo y del EG en los parámetros de energía y proteína. De acuerdo a lo esperado el grano de sorgo presentó valores bajos de proteína (9,1%) y altos de energía (3,26 Mcal EM/kg MS). Como contrapartida, el EG presentó altos valores de proteína y medios de energía (34,7% y 2,34 Mcal EM/kg MS, respectivamente).

**Cuadro 6. Datos de composición química de los suplementos utilizados.**

ANÁLISIS	FECHAS DE MUESTREOS					
	26/4/2010		19/6/2010		18/8/2010	
	SGH	EG	SGH	EG	SGH	EG
% MS	67,3	88,4	70,6	87,8	72,4	87,1
% FDA	6,0	37,0	5,0	26,0	8,0	35,0
% PC	9,0	33,2	10,0	32,3	8,4	38,7
EM (Mcal/kg MS)	3,27	2,25	3,30	2,47	3,21	2,29

Los valores ofrecidos a diario de suplemento por tratamiento por animal se presentan en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Suplemento ofrecido a diario por animal (promedio en todo el período).**

TRATAMIENTOS	SGH		EG		UREA		Total
	kgMS <sup>1</sup>	% MS <sup>2</sup>	kgMS	%MS	kgMS	%MS	kg MS <sup>3</sup>
T1 <sup>4</sup>	1,65	100	-	-	-	-	1,65
T2 <sup>5</sup>	1,32	75,0	0,44	25,0	-	-	1,76
T3 <sup>6</sup>	1,52	86,7	0,21	12,2	0,02	1,2	1,75
T4 <sup>7</sup>	1,71	97,7	-	-	0,04	2,3	1,75

<sup>1</sup> kg MS aportado diariamente a la mezcla, <sup>2</sup> % de MS aportado diariamente a la mezcla, <sup>3</sup> total de kg MS de suplemento ofrecidos a diario por animal, <sup>4</sup> SGH, <sup>5</sup> SGH+EG, <sup>6</sup> SGH+EG+U, <sup>7</sup> SGH+U.

La concentración y el consumo de proteína y energía de la mezcla de suplementos ofrecidos diariamente a los animales se observa en el cuadro 8. Los tratamientos que incluyeron una fuente proteica fueron considerados iso-proteicos con un rango de variación mínimo de 15,2 – 15,5% PC y se diferenciaron del tratamiento testigo de sólo grano húmedo (9,1% PC). Los suplementos presentaron una variación menor desde el punto de vista energético (3,03–3,26 Mcal EM/kg MS) que no fue corregida. Los % del N total que se suministraron en forma de urea en los suplementos de los T3 y T4 equivalen al 21% y 41% respectivamente.

**Cuadro 8. Consumo y concentración de PC y EM del suplemento ofrecido a los animales (promedio en todo el período).**

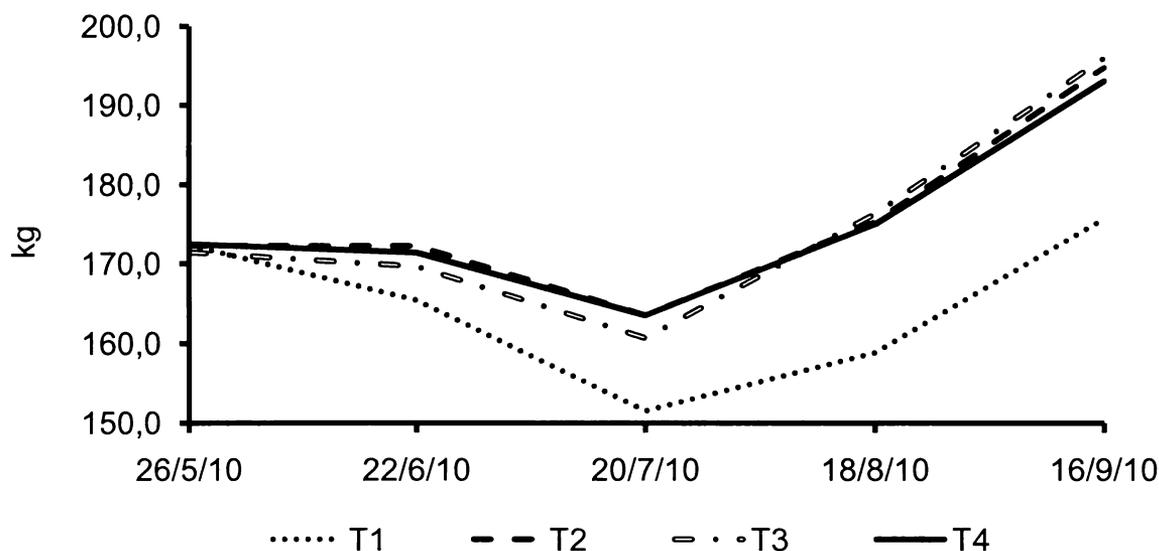
	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
<b>g PC/a/d<sup>5</sup></b>	151	273	270	266
<b>g PC/kg MS<sup>6</sup></b>	91	155	154	152
<b>Mcal EM/a/d<sup>7</sup></b>	5,37	5,32	5,43	5,57
<b>Mcal EM/kg MS<sup>8</sup></b>	3,26	3,03	3,11	3,18

<sup>1</sup> SGH, <sup>2</sup> SGH+EG, <sup>3</sup> SGH+EG+U, <sup>4</sup> SGH+U. <sup>5</sup> g PC ofrecido por animal por día promedio en todo el período, <sup>6</sup> g PC aportados en un kg de MS del suplemento, <sup>7</sup> Mcal EM ofrecido por animal por día promedio en todo el período <sup>8</sup> Mcal EM aportados en un kg de MS del suplemento.

## Producción Animal

### *Evolución del PV*

En el Figura 9 se presenta la evolución de PV de cada tratamiento, siendo el PV inicial promedio entre tratamientos de  $172,1 \pm 13,8$  kg. En las dos primeras fechas de pesada (26/05 y 22/06) no se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos, pero en las siguientes pesadas (20/7, 18/8 y 16/9) se apreciaron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) (Figura 9 y Anexo 3). Los animales del T1 registraron un PV final significativamente ( $P < 0,05$ ) menor que el promedio de los animales en el resto de los tratamientos,  $175,7 \pm 18,4$  y  $194,5 \pm 18,7$  kg respectivamente.



**Figura 9. Evolución del PV (kg) durante el período experimental.**

La evolución de PV presentó dos períodos claramente diferenciados para todos los tratamientos, con una disminución del PV hacia la mitad del período (20/07),

teniendo un punto de inflexión en dicha fecha para luego aumentar hacia el final del ensayo.

### *Ganancia diaria de peso*

La ganancia diaria de peso por período fue reflejo de la evolución de PV de los animales (Anexo 4). El cuadro 9 presenta la ganancia de peso (sin ajustar por la regresión del PV en el tiempo) agrupada en 2 períodos claramente diferenciados: uno de pérdida de peso (27 de mayo al 26 de julio, 55 días) y otro de ganancia de peso (26 de julio al 15 de setiembre, 58 días). En el primer período existieron diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) del T1 con los restantes tratamientos, ocurriendo lo mismo en el segundo período. Con respecto a los que contaron con suplementación nitrogenada (T2, T3 y T4) se revelaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) solamente en el segundo período entre los T 3 y 4. En promedio la ganancia de peso de los animales suplementados sin fuentes proteicas fue significativamente menor que el promedio de los animales suplementados con EG y/o urea (0,030 y 0,199 kg/animal/día, respectivamente), no existiendo un efecto significativo de la fuente de proteína ( $P > 0,05$ ). Cabe mencionar que no hubo un efecto del bloque ni interacción tratamiento por bloque en las ganancias diarias de peso.

**Cuadro 9. Ganancia diaria (kg/animal/día) por tratamiento y por período (media  $\pm$  desvío estándar).**

PERÍODOS	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
<b>0 d - 55 d</b>	-0,378 $\pm$ 0,133 a	-0,160 $\pm$ 0,091 b	-0,195 $\pm$ 0,158 b	-0,163 $\pm$ 0,238 b
<b>55 d - 113 d</b>	0,416 $\pm$ 0,092 a	0,538 $\pm$ 0,143 bc	0,607 $\pm$ 0,102 b	0,509 $\pm$ 0,124 c
<b>GD<sup>5</sup></b>	0,030 $\pm$ 0,088 a	0,199 $\pm$ 0,089 b	0,217 $\pm$ 0,103 b	0,182 $\pm$ 0,165 b

<sup>1</sup> SGH, <sup>2</sup> SGH+EG, <sup>3</sup> SGH+EG+U, <sup>4</sup> SGH+U, <sup>5</sup> Ganancia diaria promedio en todo el período experimental. Letras distintas en una misma fila, diferencias significativas entre tratamientos.

### *Eficiencia de conversión del suplemento.*

Para el cálculo de la eficiencia de conversión del suplemento se consideró un tratamiento testigo “teórico” sin suplementación ya que dicho tratamiento no existió en el diseño del experimento. El desempeño de los animales en dicho tratamiento se estimó en función de la calidad del CN, categoría y peso de un animal supuesto en el programa NRC 2000. Como resultado se estimó una pérdida de 200 g/a/día en condiciones de pastoreo sobre CN sin suplementación (Cuadro 10). Pérdidas de peso similares a CN en la unidad experimental años anteriores fueron encontrados por Rovira y Velazco (2010b) y Quintans y col. (1994). La eficiencia de conversión de los animales suplementados con SGH y fuentes proteicas fue mejor que aquella registrada por los animales suplementados sólo con SGH (4,5 y 7,3, respectivamente).

**Cuadro 10. Eficiencia expresada en kg de concentrado en base seca, por cada kg ganado.**

	GANANCIA	CONSUMO SUPLEMENTO	EFICIENCIA <sup>1</sup>
	g/a/d	kg/a/d	kg MS/kg PV
TESTIGO <sup>2</sup>	-200	-	-
T1 <sup>3</sup>	30	1,68	7,3 : 1
T2 <sup>4</sup>	199	1,79	4,5 : 1
T3 <sup>5</sup>	217	1,78	4,3 : 1
T4 <sup>6</sup>	182	1,77	4,6 : 1

<sup>1</sup> kg de suplemento consumido para ganar un kg de PV por día, referida al grupo testigo estimado, <sup>2</sup> promedio de ganancia de peso de animales en campo natural sin suplementar durante invierno en la UEPP, <sup>3</sup> SGH, <sup>4</sup> SGH+EG, <sup>5</sup> SGH+EG+U, <sup>6</sup> SGH+U

#### *Registros de ultrasonido*

Las variables de AOB y espesor de grasa fueron analizadas con y sin la covariable de PV. En ninguno de los casos hubo diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre tratamientos. Los resultados se presentan en los cuadros 11 y 12 sin considerar el PV como covariable.

El AOB tendió a incrementarse en forma numérica a lo largo del período experimental desde 24 cm<sup>2</sup> al inicio hasta 28 cm<sup>2</sup> al final del experimento, promediando sobre tratamientos. En el caso de la evolución de la cobertura de grasa se observó una recuperación de los valores hacia el final del experimento luego de sufrir una disminución en las fechas intermedias.

**Cuadro 11. Evolución del área de ojo de bife (cm<sup>2</sup>) por tratamiento (media ± desvío estándar).**

FECHAS	AOB (cm <sup>2</sup> )			
	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
1/6/2010	23,89 ± 3,58	23,86 ± 3,94	23,66 ± 3,58	24,21 ± 2,55
9/7/2010	26,11 ± 4,74	26,00 ± 3,51	26,32 ± 3,96	25,78 ± 3,65
12/8/2010	24,53 ± 4,70	26,36 ± 4,15	26,62 ± 3,58	26,54 ± 3,21
16/9/2010	26,11 ± 3,75	28,09 ± 4,19	28,00 ± 3,87	28,71 ± 3,74

<sup>1</sup> SGH, <sup>2</sup> SGH+EG, <sup>3</sup> SGH+EG+U, <sup>4</sup> SGH+U. No se presentó diferencias significativas entre tratamientos.

**Cuadro 12. Evolución del espesor de grasa (mm) subcutánea por tratamiento (media  $\pm$  desvío estándar).**

FECHAS	GRASA (mm)			
	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
1/6/2010	2,34 $\pm$ 0,24	2,37 $\pm$ 0,35	2,44 $\pm$ 0,28	2,59 $\pm$ 0,36
9/7/2010	2,42 $\pm$ 0,32	2,56 $\pm$ 0,27	2,64 $\pm$ 0,23	2,61 $\pm$ 0,25
12/8/2010	2,31 $\pm$ 0,15	2,42 $\pm$ 0,36	2,55 $\pm$ 0,28	2,49 $\pm$ 0,23
16/9/2010	2,59 $\pm$ 0,26	2,79 $\pm$ 0,47	2,64 $\pm$ 0,23	2,49 $\pm$ 0,29

<sup>1</sup>SGH, <sup>2</sup>SGH+EG, <sup>3</sup>SGH+EG+U, <sup>4</sup>SGH+U. No se presentó diferencias significativas entre tratamientos.

## 9. DISCUSIÓN

La alta disponibilidad promedio al inicio del período experimental entre tratamientos (3168 kg MS/ha) se puede atribuir a la subutilización del forraje durante los meses previos, que permitió transferencia de este hacia el invierno. Los valores de forraje diario asignado por animal 7,9 (T1), 6,9 (T2), 6,9 (T3) y 9,5 (T4) kg MS/animal/día no fueron limitante para el consumo en ninguno de los tratamientos, tomando en cuenta lo mencionado por Rovira (1996) y Santini y Rearte (1997). Es importante señalar que la altura del forraje disponible tampoco habría sido restrictiva para el consumo animal, habiéndose registrado en todas las mediciones alturas promedio superiores a los 6 cm (Rovira, 1996).

Si bien la disponibilidad y/o altura de forraje no habría sido limitante para el consumo animal, éste podría haber sido afectado por la calidad de la pastura, debido a su alto contenido de FDN. Esto estaría relacionado con que la proporción de la fracción verde fue muy baja, dato que concuerda con lo obtenido por Quintans y col. (1994). Estos autores comentan que esta situación se repite cada invierno, donde la oferta de forraje es de muy baja calidad, compuesta principalmente por restos secos que se acumulan desde el verano y otoño, y que presentan una digestibilidad muy baja, asociada a la predominancia de gramíneas estivales perennes en la pastura (Ayala y Bermúdez, 2005). En esta situación sería esperable que la limitante al consumo sea de orden físico (por llenado del rumen) (Santini y Rearte, 1997).

La composición química del CN no presentó grandes variaciones a lo largo del período experimental y se encuentran dentro del rango presentado por Mieres y col. (2004) sobre calidad de CN. Los valores de PC total en la pastura son inferiores al 7%, y de acuerdo Caton y col., (1988) y Delcurto y col., (1990) serían limitantes para el consumo animal, ya que se afectaría la actividad de los microorganismos del rumen, la degradación de la fibra y reduciría la tasa de pasaje (Santini y Rearte, 1997).

Tanto la composición química del SGH como del EG estuvieron dentro del rango esperado (Cecava, 1995). Con respecto a la variación en el contenido de PC del EG, esto puede ser atribuible a que es un subproducto industrial y a que las partidas del proveedor pudieron ser de diferentes orígenes. Además, Kingsley (1977) resalta que la calidad del EG puede variar como resultado del proceso de elaboración, debido a la cantidad de calor utilizado en la extracción del aceite. Los valores de urea aportados a la dieta, siempre estuvieron por debajo de los niveles máximos tolerados (Repetto y col., 2003; Emerick, 1993), no presentándose a lo largo del experimento ningún episodio de intoxicación en los animales.

Las pérdidas de ganancias diarias registradas en el primer período podrían ser explicadas por el acostumbramiento a la suplementación y/o factores climáticos: por ejemplo, si bien las precipitaciones estuvieron 13% por debajo de la serie histórica en todo el experimento, concretamente en julio llovió un 23% por encima de lo normal, mientras que las temperaturas medias y mínimas registradas en junio, julio y agosto estuvieron por debajo del promedio de la serie histórica y se registró un mayor número de heladas. Todos estos factores según Arias (2008) pueden afectar la producción animal y podrían explicar las menores ganancias diarias en el primer período. Para los tratamientos con urea, Owens y Zinn (1993) mencionan que el acostumbramiento suele descender ligeramente el consumo y rendimiento durante un mes aproximadamente cuando los animales inician el consumo de una dieta que contiene urea, debido posiblemente a un menor aporte de aminoácidos esenciales procedentes de la proteína de la dieta que escapa de la digestión ruminal. Posteriormente suele mejorar el rendimiento cuando los animales se adaptan a la urea. Otro factor a tener en cuenta sería la calidad de la pastura en el primer período, que fue algo menor, particularmente en cuanto a su aporte proteico. Esto se explica ya que una mala calidad forrajera se relaciona con una digestión más lenta y un lento pasaje de la digesta a través del aparato digestivo (Fick y col., 1973; Caton y col., 1988). En el segundo período se registraron valores positivos de ganancias diarias, que se pueden atribuir a la disminución de la severidad y frecuencia de temperaturas extremas y quizás a una mejor calidad de la pastura.

Las diferencias de peso de los tratamientos que contaron con adición de fuentes proteica con respecto al T1, demostraron que la deficiencia de proteína pudo ser una limitante para el crecimiento animal. Estos resultados son similares a los encontrados por Rovira y Velazco (2010b), los cuales registraron un efecto significativo de la adición de fuentes proteicas al SGH en la ganancia de peso individual comparado con la suplementación sólo con SGH sin fuente adicional de proteína (391 y 248 g/animal/día respectivamente) en terneros pastoreando CN durante invierno. Ochoa y Vidal (2004) trabajando con suplementación proteica en terneras de destete sobre CN, también concluyeron que la suplementación invernal con alimentos ricos en proteína se traduce en diferencias significativas, tanto en ganancia diaria como en peso final, con respecto a aquellos animales que no reciben suplemento.

Los efectos al suplementar con N a una dieta carente de él, se pueden deber, independientemente de la fuente usada (NRP o proteína verdadera), a una

corrección de una deficiencia de N ruminal. Esto permitiría un incremento en el flujo de N no amoniacal al duodeno, ya sea PMo o PND (McCollum y Horn, 1990; Koenig y col., 2004). Según Hannah y col. (1991), Oliveira y col. (2010) y Figueiras y col. (2010) la suplementación proteica permitiría mejorar los procesos de digestión, aumentando la degradabilidad efectiva de la MS, la PC y la FDN, lo que aceleraría la tasa de pasaje y reduciría el tiempo medio de retención en rumen, permitiendo que el animal aumente su ingesta de nutrientes. Esta optimización del uso de forrajes de baja calidad se lograría cuando los suplementos consiguen elevar el nivel de proteína de la dieta a valores de por lo menos 9 a 10% según Sampaio (2009) y Figueiras y col. (2010). Es importante destacar que no se midió el consumo individual en ninguno de los tratamientos, dato que hubiera sido relevante para poder confirmar alguno de los planteos realizados.

Las diferencias de ganancias encontradas al suplementar con SGH más fuentes nitrogenadas podrían deberse a la sincronización lograda al proporcionar al sistema ruminal las fuentes de proteína y energía en forma simultánea y en las cantidades requeridas a fin de optimizar su utilización por la microbiota asociada; teóricamente de esta forma se lograría el máximo crecimiento microbiano y el mayor aporte de nutrientes para el animal (Repetto y Cajarville, 2009). Sin embargo algunos trabajos indican que la sincronía de nutrientes ruminal no es importante debido a que el reciclaje del N al rumen y otros mecanismos fisiológicos mitigan a corto plazo variaciones en el suministro de N ruminal (Cole y Todd, 2007). Si la tasa de degradación de proteínas es superior a la de fermentación de los hidratos de carbono, grandes cantidades de N se convierten en amoníaco, que será absorbido hacia la corriente sanguínea y podría causar intoxicación por  $\text{NH}_3$  (Schingoethe, 1993).

Para mitigar los efectos de la rápida degradación de la urea, se podría plantear la utilización de compuestos de liberación lenta (biuret, materiales recubiertos, urea con formaldehído o melazas) o la distribución frecuente del alimento, el cual mejoraría la eficiencia de multiplicación de los microbios del rumen. Hay que tener en cuenta que algunos autores como Owens y Zinn (1993) mencionan que, aunque el frenado de la tasa de liberación de amoníaco para conseguir que se mantenga más paralela a la tasa con que se dispone de energía para la multiplicación bacteriana no logra mejorar la utilización del N ni el rendimiento del vacuno en pruebas de campo o de laboratorio. La liberación lenta del amoníaco no mejora el consumo de pienso en los animales, ni la digestibilidad, retención de N o rendimiento. Aparentemente, el sistema para el reciclado de N hacia el rumen compensa fácilmente la rapidez en la liberación de amoníaco. Resultados obtenidos por Beraza y col. (2010) en novillos y terneros alimentados a corral, no encontraron diferencias significativas en ganancias diarias al comparar distintas fuentes de NNP, urea con optigen, la combinación de ambos y estas con proteína vegetal.

En general es de esperar un efecto de adición con estímulo al incorporar suplementos proteicos a la dieta que tiene como base pasturas de baja calidad (Pigurina, 1994), debido a que la suplementación nitrogenada mejora la digestibilidad, aumenta la tasa de pasaje y aumenta el consumo voluntario al

incrementar el nivel de PC de la dieta (Fick, y col., 1973; Bohnert y col. 2007). Si bien en nuestro caso no podemos aseverar dicha respuesta, debido a que no se determinó el consumo de pastura, la misma podría haberse dado en los tratamientos suplementados con N, permitiendo obtener mejores ganancias diarias en estos terneros, confirmando así la primera hipótesis del trabajo en la cual la adición de fuentes nitrogenadas al SGH mejora el desempeño productivo de terneros suplementados sobre CN.

Los tratamientos con suplementación proteica no revelaron diferencias significativas de ganancia de peso entre sí, dejando de manifiesto que la fuente de proteína no influiría en el desempeño productivo de los animales en los niveles evaluados, del mismo modo que fue reportado por Langlands y Bowles (1976) en novillos de 384 kg pastoreando campo natural y suplementados con urea o harina de lino. Esto puede ser debido a que los microorganismos del rumen son capaces de utilizar como fuente de N para la síntesis de sus propias proteínas, tanto proteína de la dieta, como NNP (Broderick, 2010). Esta particularidad hace que los rumiantes puedan obtener ganancias de peso cuando son suplementados con urea como único suplemento nitrogenado (Hennessy y Williamson, 1990).

Tieri y col. (2010) trabajando con terneros a corral concluyeron que a mayor nivel de proteína, mayor la ganancia y eficiencia, y que la inclusión de urea en un 1% de la dieta, se mostró inferior en la ganancia diaria y en la eficiencia de conversión que su tratamiento isonitrogenado a base de proteína vegetal (misma PC 15%); sin embargo cuando se suministro urea en un 0,5% de la dieta no presentó diferencias significativas. Hennessy y Williamson, (1990) evaluaron el efecto de la urea en el consumo y desempeño de bovinos pastoreando forraje de baja calidad y observaron mayores ganancias en las tasas más bajas de consumo de urea (15 y 23 g/animal/día) que los de las tasas más altas (42 y 53 g/animal/día). De manera similar, Adamu y col. (1989) evaluaron el efecto de aumentar el contenido de urea en el suplemento de novillos pastoreando rastrojo de maíz, y observaron que la ganancia de peso y el consumo se incrementó hasta un nivel de 0,75% en base seca, luego de lo cual los valores se mantuvieron. Estos experimentos indicarían que la utilización de la urea sería posible dentro de determinados porcentajes de la proteína total para optimizar la producción animal. En nuestro caso el aporte de proteína proveniente de la urea, expresado como porcentaje de la proteína total fue de 21% en el T3 y de 41% en el T4, en estos niveles de sustitución de EG por urea como fuente nitrogenada no se observó un efecto significativo en el desempeño productivo de terneros sobre CN suplementados con SGH, tal como fue planteado en la segunda hipótesis. En definitiva, lo que determina la producción animal es la masa o actividad microbiana en el rumen, por lo tanto la urea sería útil como fuente de N rápidamente disponible ajustando las cantidades (Rovira, comunicación personal).

Koster y col. (1996) suplementaron a vacas consumiendo un heno de baja calidad con cantidades crecientes de caseinato de sodio como fuente de proteína degradable en rumen (0 a 720 g/día), y encontraron que a mayor nivel suplementado se incrementó el consumo de nutrientes, la digestión de fibra a nivel de rumen, y el

flujo de nitrógeno total a duodeno, incluyendo el de origen microbiano. Sin embargo, la respuesta fue cuadrática, es decir que a partir de un valor de suplementación no hubo mejoras en dichas variables, lo que confirma los resultados obtenidos por otros autores con urea como fuente de nitrógeno no degradable en rumen.

Pordomingo (1993) y Gómez y col. (1995) mencionan que las fuentes de NNP como la urea se utilizan con menor eficiencia que la proteína verdadera por los rumiantes. Ello es debido a que la degradabilidad de esta última en rumen es más lenta adecuándose mejor a la fermentación de los otros componentes de la dieta. Además, estos suplementos presentan cierto porcentaje de la proteína total bajo la forma de proteína sobrepasante, necesaria sobre todo en animales de alto potencial de producción, y también aportan energía a diferencia de la urea. Broderick y Reynal (2009) en vacas lecheras encontraron que cuanto mayor es la sustitución de NNP (urea) por proteína verdadera degradable en rumen (harina de soja) se reduce el aumento de peso, se deprime el consumo de MS y disminuye el rendimiento de los componentes de la leche. Estos resultados se lo asignaron a que probablemente el N amoniacal no satisface por sí solo los requisitos microbianos de aminoácidos y péptidos, reduciendo así la formación de proteína en el rumen. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en los T 2 y 3 del presente ensayo se utilizó como fuente de proteína verdadera al EG, cuya proteína en gran parte se degrada en rumen y de forma rápida (Repetto y col., 2003), lo que podría resultar en una gran producción de  $\text{NH}_3$ . Sumado a que el aporte de proteína sobrepasante y la concentración de energía de este alimento es baja, y que no se buscaban elevados niveles de ganancias en estos animales, esto explicaría porque no se encontraron diferencias entre suplementar con proteína verdadera o con NNP. La consecuencia práctica es que en el rango evaluado, la sustitución de EG por urea como fuente nitrogenada no tuvo un efecto significativo en el desempeño productivo de terneros sobre CN suplementados con SGH, coincidiendo con la segunda hipótesis.

Suponiendo que el suplemento proteico utilizado hubiese sido una harina o expeller de soja, sería de esperar una diferencia en los resultados con respecto a los animales que contaron con urea como fuente nitrogenada (Broderick y Reynal, 2009), ya que la harina de soja aportaría un mayor % de proteína sobrepasante o bypass debido a que la degradabilidad de la proteína en rumen se considera entorno al 66% (NRC, 2000).

La falta de efecto de los tratamientos en los valores de AOB y grasa subcutánea, es similar a lo reportado por Cosby y Stanton (1997), quienes no encontraron efecto del tipo de suplemento proteico (urea, harina o expeller de soja, y granos de destilería de cebada) sobre estas variables en novillos de 285 kg terminados a corral. Los resultados del presente experimento podrían ser atribuidos al corto período de tiempo del experimento, a la categoría evaluada, al nivel de suplementación, a la tendencia de la suplementación a ser isoenergética entre los 4 tratamientos, e isoproteicas entre tratamientos 2, 3, 4, a la calidad de la pastura que limitó las ganancias de peso. Cuando la ganancia de peso está limitada, la retención de grasa está más afectada que la de proteínas. Este efecto tiene mayor incidencia en los

animales jóvenes o livianos que acumulan relativamente poca grasa (Di Marco, 1994; Arrieta y col., 2008).

Arrieta y col. (2008) obtuvieron resultados en el cual el consumo de suplemento en novillos sobreaño marcó diferencias significativas en las ganancias de PV, AOB y espesor de grasa medido en la 12-13er costilla a favor de los que consumieron afrechillo de arroz a razón del 1 % del PV durante otoño e invierno con respecto a los que consumieron EG y solo CN, similar a lo encontrado por Realini y col. (2004) en el cual observaron que el espesor de grasa en novillos variaba con el tipo de alimentación, encontrando una cobertura de grasa a nivel de la 10a costilla de 8,23 cm en animales alimentados sobre pasturas y de 13,55 cm en animales en feedlot.

Otros estudios encontraron a la alimentación como un factor que marcó diferencias significativas en el AOB (Camfield y col., 1999); donde se resalta que animales alimentados con granos resultan con una superficie significativamente mayor que animales alimentados sobre pasturas (Realini y col. 2004). Boleman y col. (1996) encontró que el nivel de proteína en la dieta puede modificar el área del músculo *Longissimus dorsi*, para la cual una dieta de alto valor proteico da lugar a áreas más grandes del músculo. Estos datos no concuerdan con los obtenidos en este experimento, por lo mencionado anteriormente y porque en el presente trabajo no se comparó con animales manejados solo a CN, con quién sí se podrían haber encontrado diferencias con los suplementados.

## 10. CONCLUSIONES

El agregado de fuentes proteicas al SGH incrementó la ganancia diaria y el PV final de terneros en su primer invierno de vida, pastoreando CN de baja calidad.

La sustitución de proteína verdadera por NNP, en los niveles evaluados, no mostró diferencias significativas en las ganancias de peso diarias.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Adamu, A.M., Russell, J.R., McGilliard, A.D., Trenkle, A. 1989. Effects of added dietary urea on the utilization of maize stover silage by growing beef cattle. *Animal Feed Science and Technology* 22: 227-236.
2. AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) (1984) Official methods of analysis. 14<sup>a</sup> ed. Arlington, AOAC. 1102 p.
3. Arias, R., Mader, T., Escobar, P. (2008) Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Revisión biblioFigura. *Archivos de Medicina Veterinaria* 40:7-22.
4. Arrieta, G., Lagomarsino, X., Olivera, J., Trindade, G. (2008) Incidencia de diferentes dietas sobre el crecimiento animal, el rendimiento carnicero y la calidad

de la carne. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 231 p.

5. Ayala, W., Bermúdez, R. (2005) Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. En: Gómez, R., Albicette, M. (eds). Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural. INIA. Serie Técnica N° 151, p 33-39.
6. Beraza, D., Eichin, M., Gallo, J., Schneeberge,r R., (2010) Evaluación de la fuente protéica en dietas concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 94 p.
7. Bohnert, D., DelCurto, T., Clark, A., Merrill, M., Falck, S., Harmon, D. (2007) Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool-or warm-season forage: differences in intake and digestibility. Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science 58:217-220.
8. Boleman, S., Millar, R., Buyck, M., Cross, H., Savell, (1996) Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. Journal of Animal Science 74:2187-2194.
9. Brito, G., Calistro, S., De los Campos, G., De Mattos, D., Pigurina, G., Pringle, D. (2001) Utilización de ultrasonografía para la predicción de la composición y calidad de canal. Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA). Programa Nacional de Bovinos para Carne. INIA. Serie Actividades de Difusión N° 261, 91p.
10. Broderick, G. (2010) Nuevas perspectivas en la eficiencia del uso de nitrógeno en vacas lecheras. Simposio, Claves para el Manejo Nutricional de la Vaca de Alto Potencial en el Marco de una Lechería en Expansión. Montevideo, Departamento de Educación Continua. Facultad de Veterinaria. p. 1-18.
11. Broderick, G., Reynal, S. (2009) Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 92(6):2822-2834.
12. Cajarville, C., Curbelo, A., Corso, C., Repetto, J. (2003) Utilización de los nutrientes por el rumiante. Curso a distancia sobre nutrición de rumiantes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. Módulo 1. p 79-146.
13. Camfield, P., Prown, A., Johnson, Z., Brown, C., Lewis, P., Rakes, I. (1999) Effects of growth type on carcass traits of pastureor feedlot-development steers. Journal of Animal Science 77:2437-2443.
14. Cangiano, C. A. (2007) Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. En: Facultad de Veterinaria. Departamento de Nutrición Animal. Guía de curso alimentación. 2ª ed. Montevideo, Facultad de Veterinaria. p 29-51.

15. Carrera, M., González, R., González, D., Rovira, P. (1996) Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 121 p.
16. Caton, J., Freeman, A., Galyean, M. (1988) Influence of protein supplementation on forage intake, in situ forage disappearance, ruminal fermentation and digesta passage rates in steers grazing dormant blue grama rangeland. *Journal of Animal Science* 66:2262-2271.
17. Cecava, M. (1995) Concentrates for beef cattle. En: Petty, T., Cecava, M. eds. *Beef Cattle Feeding and Nutrition*, 2<sup>a</sup> ed. Indiana, Academic. p 138-166.
18. Cohen, D.C. 2001. Degradability of crude protein from clover herbage used in irrigated dairy production systems in northern Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research* 52: 415–425.
19. Cole, N., Todd, R. (2007) Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in concentrate-fed ruminants. *Journal of Animal Science* 86:E318-E333.
20. Cosby, N.T., Stanton, T.L. 1997. Performance of feedlot steers supplemented with natural protein or urea during the early finishing phase. *The Professional Animal Scientist* 13:124–128.
21. Curbelo, A. (2010) Ensilaje de grano de sorgo con diferente contenido en taninos: efecto sobre la composición química, degradabilidad ruminal, digestibilidad intestinal y fermentescibilidad. Tesis Magister en Ciencias Agrarias opción Ciencia Animal, Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 89 p.
22. DelCurto, T., Cochran, R., Nagaraja, T., Corah, L., Beharka, A., Vanzant, E. (1990) Comparison of soybean meal/sorghum grain, alfalfa hay and dehydrated alfalfa pellets as supplemental protein sources for beef cattle consuming dormant tallgrass-prairie forage. *Journal of Animal Science* 68:2901-2915.
23. DelCurto, T., Hess, B., Huston, J., Olson, K. (1999) Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. *Proceedings of the American Society of Animal Science*, 16 p.
24. Di Marco, O. (1994) Crecimiento y respuesta animal. Buenos Aires, INTA EEA Balcarce, 126 p.
25. Dixon, R. (1999) Effects of addition of urea to a low nitrogen diet on the rumen digestion of a range of roughages. *Australian Journal of Agricultural Research* 50:1091-1098.

26. Emerick, R. (1993) Intoxicaciones por nitrato y urea. En: Church, C. (ed). El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia, p. 553-558.
27. Fick, K., Ammerman, C., McGowan, C., Loggins, P., Cornel, J. (1973) Influence of supplemental energy and biuret nitrogen on the utilization of low quality roughage by sheep. *Journal of Animal Science* 36(1):137-143.
28. Figueiras, J., Detmann, E., Paulino, M., Pereira, T., Valadares, S., Lazzarini, I. (2010) Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(6):1303-1312.
29. Gaggero, R., Gambetta, A., Laca, L., Mateo, A. (1996) Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 79 p.
30. Gómez, F., Mastropiero, J., Rovira Sanz, A. (1995) Efecto de la suplementación energética, proteica y energético proteica en el crecimiento de terneras de destete pastoreando campo natural. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 95 p.
31. Hannah, S., Cochran, R., Vanzant, R., Harmon, D. (1991) Influence of protein supplementation on site and extent of digestion, forage intake, and nutrient flow characteristics in steers consuming dormant bluestem-range forage. *Journal of Animal Science* 69:2624-2633.
32. Hennessy, D., Williamson, P. (1990) Feed intake and liveweight of cattle on subtropical native pasture hays. I. The effect of urea. *Australian Journal of Agricultural Research* 41:1169-1177.
33. Kingsley, R. (1977) Nutritional value of sunflower meal for ruminants. Thesis in animal nutrition master of science. Faculty of Texas Tech University. 42 p.
34. Koenig, K.M., Beauchemin, K.A., Rode, L.M. 2004. Effect of protein source on microbial protein synthesis and nutrient digestion in beef cattle fed barley grain-based diets. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 481–490
35. Köster, H.H., Cochran, R.C., Titgemeyer, E.C., Vanzant, E.S., Abdelgadir, I., St-Jean, G. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. *Journal of Animal Science* 74:2473–2481
36. Kozloski, G., Ribeiro, H., Rocha, J. (2000) Ureia na dieta de novilhos. Efeito sobre a digestao dos compostos nao nitrogenados. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 713-719.

37. Kropp, J., Johnson, R., Males, J., Owens, F. (1977) Microbial protein synthesis with low quality roughage rations: isonitrogenous substitution of urea for soybean meal. *Journal of Animal Science* 46(4):837-843.
38. Langlands, J.P., Bowles, J.E. 1976. Nitrogen supplementation of ruminants grazing native pastures in New England, New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16: 630-635.
39. McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C. (2006) Concentrados proteicos. En: McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C. *Nutrición Animal*. 6ª ed. Zaragoza, Acribia. p. 495-521.
40. McCollum, F., Horn, G. (1990) Protein supplementation of grazing livestock. A review. *The Professional Animal Scientist* 6:1-16.
41. MGAP/DIEA (2009) Anuario Estadístico Agropecuario 2010. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,352,O,S,0,MNU;E;27;6;MNU>. Fecha de Consulta: 09/11/2010.
42. Mieres, J., Assandri, L., Cúneo, M. (2004) Tabla de valor nutritivo de alimentos. En: Mieres, J., (ed.). *Guía para la alimentación de rumiantes*. INIA. Serie Técnica N°142, p 13-68.
43. Montossi, F., Pigurina, G., Santamarina, I., Berretta, E. (2000) Selectividad Animal y Valor Nutritivo de la Dieta de Ovinos y Vacunos en Sistemas Ganaderos: Teoría y Práctica. INIA. Serie Técnica N° 113. 84 p.
44. Montiel, M., Elizalde, J. (2004) Factores que afectan la utilización ruminal del grano de sorgo en vacunos. Revisión bibliográfica. *Revista Argentina de Producción Animal* 24:20.
45. National Research Council (NRC) (2000) Nutrient requirements of beef cattle. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. 7ª ed rev. Washington, D. C. National Academy Press.
46. Ochoa, S., Vidal, P. (2004) Evaluación de la respuesta a la suplementación proteica de terneras de destete pastoreando campo natural diferido. Tesis Facultad Agronomía, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 95p.
47. Oliveira, L., Oliveira, E., Gonçalves, L., Borges, I., Barbosa, P., Fialho, M. (2010) Digestibilidade in situ e cinética ruminal de bovinos de corte a pasto sob suplementação com proteinados. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(6):1328-1335.
48. Owens, F., Goetsch, A. (1993) Fermentación ruminal. En: Church C. (ed.) *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Acribia. p. 159-189.

49. Owens, F., Zinn, R. (1993) Metabolismo de la proteína en los rumiantes. En: Church, C. (ed.) El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia. p. 255-281.
50. Pathak, A. (2008) Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. *Veterinary World* 1(6):186-189.
51. Pigurina, G. (1994) Suplementación dentro de una estrategia de manejo en áreas de ganadería extensiva. En: Carámbula, M., Vaz Martins, D., Indarte, E. (eds.). *Pasturas y Producción Animal en Areas de Ganadería Extensiva*. INIA. Serie Técnica N°13, p. 195-200.
52. Pordomingo, A. (1993) Alimentación práctica de bovinos en pastoreo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Serie de Divulgación Técnica. Proyecto Integrado Pampas. Año 1 N°2. 27 p.
53. Quintans, G., Vaz Martins, D., Carriquiry, E. (1994) Alternativas de suplementación de vaquillonas. En: Quintans, G., Pigurina, G., Saravia, H. (eds.). *Bovinos para Carne: Avances en la Suplementación de la Recría e Invernada Intensiva*. INIA. Actividades de Difusión N° 34. p. 2-2 – 2-7.
54. Realini, C., Duckett, S., Brito, G., Dalla Rizza, M., De Mattos, D. (2004) Effect of pasture vs concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science* 66:657-577.
55. Repetto, J., Cajarville, C. (2009) ¿Es posible lograr la sincronización de nutrientes en sistemas pastoriles intensivos? XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, p. 60-67.
56. Repetto, J., Cajarville, C., Curbelo, A., Sapriza, D. (2003) Suplementos. Curso a distancia sobre nutrición de rumiantes. Montevideo, Facultad de Veterinaria. 155 p.
57. Rovira, P., Velazco, J. (2010a) Valor nutritivo de ensilajes de sorgo de planta entera y grano húmedo en la región Este. En: Acosta, Y., Rovira, P., Velazco, J.I. *Ensilaje de Grano Húmedo de Sorgo*. INIA. Actividades de Difusión: N° 604. p. 9-13.
58. Rovira, P., Velazco, J. (2010b) Efecto del agregado de fuentes proteicas al grano húmedo de sorgo en el crecimiento de terneros suplementados sobre campo natural. En: Acosta, Y., Rovira, P., Velazco, J.I. *Ensilaje de Grano Húmedo de Sorgo*. INIA. Actividades de Difusión: N° 604. p.14-21.
59. Rovira, J. (1996) Manejo nutritivo de los rodeos de cría. Montevideo. Hemisferio Sur. 288 p.

60. Sampaio, C.B., Detmann, E., Lazzarini, I., Souza, M.A., Paulino, M.F., Valadares Filho, S.C. 2009. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 560-569.
61. Santini, F., Rearte, D. (1997) Estrategia de alimentación en invernada. En: Martins, D.V., (ed.). *Suplementación estratégica para el engorde de ganado*. INIA. Serie Técnica N° 83. p. 37-46.
62. Schingoethe, D. (1993) Necesidades nutritivas de rumiantes en comparación con especies monogástricas. En: Church, C. (ed.). *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Acribia. p. 515-523.
63. Tieri, M., La Manna, A., Fernández, E., Mieres, J., Schröder, F., Pérez, E., Baldi, F., Banchemo, G. (2010) Efecto de diferentes niveles de proteína y sustitución de proteína verdadera por NNP (UREA) en la performance y desarrollo de terneros cruza Hereford X Angus y su impacto posterior en la recría. En: INIA. *La Estanzuela. Colonia. Producción de Carne Desde una Invernada de Precisión*. INIA. Serie de Actividades de Difusión N° 609, p 23-26.
64. Tilley, J., Terry, R. (1963) A two-step technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111.
65. Van Soest, P., Robertson, J., Lewis, B. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.

## 12. ANEXO

### **Anexo 1. Evolución de la fracción Verde/Seco (%) por tratamiento y por fecha de muestreo.**

FECHAS DE MUESTREOS	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
	V/S	V/S	V/S	V/S
<b>27/5/2010</b>	61/39	52/48	50/50	57/43
<b>24/6/2010</b>	29/71	37/63	25/75	34/66
<b>26/7/2010</b>	34/66	38/62	24/76	24/76
<b>19/8/2010</b>	28/72	42/58	27/73	31/69
<b>15/9/2010</b>	28/72	48/52	32/68	44/56

<sup>1</sup> SGH, <sup>2</sup> SGH+EG, <sup>3</sup> SGH+EG+U, <sup>4</sup> SGH+U.

## Anexo 2. Análisis del SGH.

FECHA	% QUEBRADO	% ENTERO	% MOLIDO	pH <sup>1</sup>
10/6/2010	50,51	0,41	49,08	4,34
08/7/2010	31,98	0,61	67,41	4,76
29/7/2010	30,27	0,61	69,12	4,95
17/8/2010	42,68	0,60	56,72	5,04
09/9/2010	41,27	7,80	50,92	5,45
<b>PROMEDIO</b>	<b>39,34</b>	<b>2,01</b>	<b>58,65</b>	<b>4,91</b>
<b>DESVÍO ESTÁNDAR</b>	<b>8,31</b>	<b>3,24</b>	<b>9,24</b>	<b>0,41</b>

<sup>1</sup>El valor de pH corresponde al promedio de las tres alturas de determinación (arriba, medio y abajo).

## Anexo 3. PV vacío (kg) por tratamiento por fecha de pesada (media $\pm$ desvío estándar).

FECHAS	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
<b>26/5/2010</b>	172,3 $\pm$ 16,0	172,3 $\pm$ 13,1	171,4 $\pm$ 14,5	172,5 $\pm$ 12,8
<b>22/6/2010</b>	165,4 $\pm$ 16,1	172,3 $\pm$ 14,7	169,7 $\pm$ 14,2	171,4 $\pm$ 12,9
<b>20/7/2010</b>	151,5 $\pm$ 16,8 a	163,5 $\pm$ 13,4 b	160,7 $\pm$ 14,7 b	163,5 $\pm$ 16,0 b
<b>18/8/2010</b>	158,9 $\pm$ 18,2 a	175,3 $\pm$ 17,5 b	176,3 $\pm$ 17,3 b	175,0 $\pm$ 18,9 b
<b>16/9/2010</b>	175,7 $\pm$ 18,4 a	194,7 $\pm$ 17,4 b	195,9 $\pm$ 18,2 b	193,0 $\pm$ 21,4 b

<sup>1</sup>SGH, <sup>2</sup>SGH+EG, <sup>3</sup>SGH+EG+U, <sup>4</sup>SGH+U. Letras distintas en una misma fila, diferencias significativas entre tratamientos.

## Anexo 4. Ganancias promedio por períodos para cada tratamiento.

PERÍODOS	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T3 <sup>3</sup>	T4 <sup>4</sup>
<b>0 d - 28 d</b>	-0,26 $\pm$ 0,17 a	-0,001 $\pm$ 0,18 b	-0,07 $\pm$ 0,32 b	-0,04 $\pm$ 0,24 b
<b>28 d - 55 d</b>	-0,50 $\pm$ 0,22 a	-0,31 $\pm$ 0,20 b	-0,32 $\pm$ 0,20 b	-0,28 $\pm$ 0,25 b
<b>55 d - 87 d</b>	0,25 $\pm$ 0,14 a	0,41 $\pm$ 0,26 bc	0,54 $\pm$ 0,18 c	0,40 $\pm$ 0,19 b
<b>87 d - 113 d</b>	0,58 $\pm$ 0,12	0,67 $\pm$ 0,18	0,68 $\pm$ 0,13	0,62 $\pm$ 0,17
<b>GD TOTAL</b>	0,03 $\pm$ 0,08 a	0,20 $\pm$ 0,08 b	0,22 $\pm$ 0,10 b	0,18 $\pm$ 0,16 b

<sup>1</sup>SGH, <sup>2</sup>SGH+EG, <sup>3</sup>SGH+EG+U, <sup>4</sup>SGH+U. Letras distintas en una misma fila, diferencias significativas entre tratamientos.